Beiträge zur Kenntnis des Knochenfischauges mit besonderer Berücksichtigung der Frage nach der Accommodation.

Inaugural-Dissertation,

der hohen

philosophischen Fakultät der Königl. Universität Breslau

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde

vorgelegt

und mit ihrer Genehmigung veröffentlicht

von

Gerhard Deichsel.

Mittwoch, den 22. Januar 1908, Mittags 12 Uhr

in der Aula Leopoldina:

ACAD. LEOPOLDINA BIBL.

Vortrag:

„Das Sehen der Tiere"

und

Promotion.

Breslau
Buchdruckerei H. Fleischmann
1908.

Gedruckt mit Genehmigung der hohen philosophischen Fakultät der Königlichen Universität Breslau.

Referent: Professor Dr. **Kükenthal.**

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Dezember 1907.

Otto Oberstein

in Freundschaft

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548224_0005

Vorwort.

Ehe ich meine Untersuchungen über die Teleostieraugen mitteile, möchte ich vorerst meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Kükenthal, an dieser Stelle meinen Dank dafür aussprechen, dass er mich auf das hochinteressante Studium des Teleostierauges hingewiesen hat und mir durch die Beschaffung von reichlichem Material die Möglichkeit schaffte, mich eingehend mit ihm zu beschäftigen.

Herrn Dr. Zimmer, der mir Anleitungen zum Bestimmen der Süsswasserfische gab, sage ich hier gleichfalls meinen besten Dank, ebenso Herrn Dr. Krumbach, Dr. Gerhard und Dr. Franz für all die guten Ratschläge während der ganzen Zeit der Arbeit. Herrn Professor Dr. Cori aus Triest, der mir vorzüglich fixiertes Fischmaterial des Mittelmeeres überliess, bin ich gleichfalls zu ganz besonderem Danke verpflichtet.

Besonders grosses Interesse hatte für mich das Studium des Accommodationsapparates. Ich habe dieses denn auch in der Folge so ausführlich betrieben, dass ich meinen ersten Plan, sämtliche Bestandteile des Auges in gleicher Weise ausführlich zu behandeln, aufgab, und nur den Accommodationsapparat des Teleostierauges berücksichtigte.

Folgende Arten kamen zur Untersuchung:

A. Seewasserfische.

Blennius tentacularis. Br.
Cyprinodon calaritana. C. V.
Gobius lota. C. V.
Hippocampus guttulatus. C.
Orthagoriscus mola. L.
Scorpaena scrofa. L.
Sebastes marinus. C. V.

B. Süsswasserfische.

Abramis blicca. Bl.
Acerina cernua. L.
Cobitis fossilis. L.
Cobitis taenia. L.
Esox lucius. L.
Gobio gobio. L.
Lota lota. L.
Rhodeus amarus. Bl.

Zusammenfassung.

I. Spezielle Untersuchungen.

A. Seewasserfische.

Blennius tentacularis. Br.

Der Aufhängeapparat der Linse zeigt eine sehr grosse Aehnlichkeit mit dem von Orthagoriscus. Die ersten Mitteilungen über den Accommodationsapparat von Blennius gibt Beer. Er hat diese Verhältnisse makroskopisch beobachtet. So sagt er vom Ansatz des Accommodationsmuskels Seite 603: „Seine Sehne inseriert sich oft nicht nur an dem unteren Teile des Linsenäquators, sondern auch am unteren nasalen Quadranten desselben. Da zudem der Muskel selbst schief gegen den senkrechten Linsendurchmesser verläuft, so muss er, wenn nicht andere Einrichtungen dies hindern, an der Linse eine Drehung ausüben, etwa wie ein Seil an einer Rolle."

Wie er diese Drehung versteht, ist nicht recht vorstellbar.

Die Campanula ist im Verhältnis zur Grösse des Auges ein ganz kolossales Gebilde. In ihrer grössten Dicke weicht sie nur recht wenig von der Dicke der Retina am Rande ab, und in ihrer grössten Länge kommt sie der der Iris gleich.

Nach der Iris hin wird die Campanula von einer verhältnismässig dicken, sonst nicht vorhandenen Bindegewebslage bedeckt, nach innen schliesst sie mit einer Pigmentschicht ab, deren Dicke der der Iris nicht nachsteht. Der

Uebergang des Muskelkörpers zum Sehnenband zeigt genau die gleichen Verhältnisse wie Orthagoriscus mola; wir unterscheiden nämlich zwei Sehnenbänder. Der die Campanula mit der Linse direkt verbindende Teil des Sehnenbandes ist homogen, und wir bemerken kein Ausstrahlen von Sehnenfasern aus dem Muskel in ihn hinein. Die Grenze zwischen Muskel und Ligamentum muscolo capsulare ist äusserst scharf. Dagegen bietet das dem Augeninnern zugewandte, zweite Band ein klares und deutliches Bild von dem Uebergehen der Sehnenfasern aus dem Muskel in das Band, und dieser Teil behält auch während des ganzen nasalen Verlaufs um die Linse eine faserige Struktur bei. Dieses faserige Band bleibt auch wie bei Orthagoriscus nur eine kleine Strecke mit dem über ihm gelegenen Ligamentum musculo capsulare verbunden, biegt nasalwärts ab und tritt schliesslich mit dem dorsalen Ligamentum suspensorium lentis in Verbindung. Die Oberflächenform stimmt gleichfalls mit der von Orthagoriscus beschriebenen überein. Etwas abweichenden Charakter zeigte das homogene, äussere Sehnenband der Campanula insofern, als es in der ganzen Ausdehnung gleich stark bleibt (30″), nur beim Ansatz an die Linse doppelt so stark wird und dann ungefähr gleich dick ist als die Campanula selbst. Die Richtung der Muskelfasern geht nicht senkrecht zur Linsenoberfläche, sondern schief zu ihr. Sie sind nasalwärts gerichtet, wie auch das zweite innere Sehnenband, das ich Ringband nennen will. Die Campanula muss also die Linse durch ihre Contraktion nicht nur ventral, sondern auch temporal hinziehen. Die Versorgung des Linsenmuskels mit Blutgefässen ist sehr reich und besteht lediglich aus Capillaren vom Blutkörperchen-Lumen. Kräftige, bindegewebige Fasern befestigen die Campanula an der Chorioidea, somit ist sie allseitig frei. An dem ganzen, freien, nasalen Rand erstreckt sich die innere Pigmentschicht auch etwas auf die äussere Seite hinüber. In der Zone der Eintrittsstelle des Prozessus falciformis ist die Campanula auch an der Iris befestigt.

Das Aufhängeband hat, von der Fläche betrachtet, dieselbe Form wie das von Orthagoriscus. Es besteht auch hier aus zwei mit der Spitze aufeinanderstehenden Dreiecken. Die Grundseite des einen ist an der Iris, die des andern an der Linse befestigt. Das an der Iris befestigte Dreieck ist an der Basis zunächst dünn, verdickt sich dann nach der Spitze und nach innen zu sehr stark und plötzlich zu einem Polster, das fast homogen erscheint und mit dem Glaskörper durch ein äusserst feines Faserwerk verbunden ist. Die Dichte des Polsters nimmt von der der Iris zugewandten Seite nach der dem Augeninnern zugewandten Seite ab. Die Aussenlamellen weisen dichtere Beschaffenheit auf, als die dazwischen gelegene Substanz. Die Zwischensubstanz erscheint immer heller und nicht so fest. Das mit der Linse befestigte Dreieck ist ein dichtes, dünnes, festes Band, das vor dem Auftreffen auf die Linse dicker wird, und sich so mit ziemlich breiter und hoher Zone an die Linse ansetzt. Irgend welche Gewebsstruktur liess sich nicht nachweisen; das Ganze machte einen homogenen Eindruck, wenn auch wieder die Aussenflächen dichter erscheinen. Die der Iris zugewandte Fläche des Lig. sus. lent. ist völlig frei und im Gegensatz zu Orthagoriscus nicht mit der Iris verbunden. Zwar erhebt sich auch hier über der dichten Aussenlamelle ein Fortsatz, doch liess weder dieser in seinem homogenen Aussehen, noch die Iris an der entsprechenden Stelle die Vermutung einer Verbindung von Iris und Aufhängeband annehmen. Die Innenfläche des Ligamentum ist nur bis etwa zur Hälfte der kissenförmigen Verdickung mit dem Glaskörper verbunden, von da ab jedoch wieder selbständig. Der Ursprung des Apparates liegt wie gewöhnlich in dem Winkel zwischen Iris und Retina; eine kleine Strecke, etwa der fünfte bis sechste Teil der Iris, ist der dünne, bandartige Teil des Ligaments der Iris angeheftet und geht dann erst frei zur Linse ab. Die Verbindung von Aufhängeband und Iris geschieht durch ein kräftiges Fasersystem. Die Länge stimmt wohl ziemlich genau mit der der Iris überein. Die Masse des Bandes

sind folgende: Die Ursprungsstelle misst 2‴, die Stelle kurz vor der kissenförmigen Verdickuug 7‴, die grösste Dicke des der Iris zugewandten Dreiecks 50‴, die nun folgende dünne Einschnürungsstelle 7‴, worauf das Band des der Linse angehefteten Dreiecks ziemlich gleichmässig 12‴ dick bleibt, bises zum Ansatz an die Linse zu 76‴ sich erweitert. Die kissenförmige Verdickung ist ungefähr halb so dick als die Retina kurz vor dem Rande an dieser Stelle. Die Iris ist mit der Cornea durch das Ligamentum pectinatum in dieser Zone zu $^3/_4$ ihrer ganzen Länge fest verbunden, im Gegensatz zu der Zone, in der die Campanula sich befindet. Hier ist das Verhältnis gerade umgekehrt, also bleiben $^3/_4$ der Iris vom Ligamentum pectinatum frei. Nasal- und temporalwärts flacht sich das Ligamentum suspensorium lentis immer mehr ab. Es ist also in der Mitte am stärksten. Der nasale Rand steht in Verbindung mit dem Ringband, der temporale Rand ist völlig frei.

Cyprinodon calaritana. C. V.

Die Campanula hat keulen- oder birnenförmige Gestalt und ist dabei im Aequator etwas breiter als hoch. Ihr Ursprung liegt wieder in dem Winkel, der von Retinarand und Beginn der Iris gebildet wird. Wir haben auch hier wieder eine doppelte Wirkungsart des Muskels, wie wir sie ähnlich schon bei Blennius gesehen haben; doch sind ganz spezifische Abweichungen vorhanden. Die contraktilen Elemente des Muskels sind nicht alle gleich gerichtet, sondern wir haben zwei Richtungen, in die die Muskelzellen eingeordnet sind. Die Hauptmasse derselben wirkt allerdings in bekannter Weise an der Linse, aber ein kleiner Teil, ziemlich im Beginn der Campanula auf deren Innenseite gelegen, zeigt erstens deutlich einen anderen, recht schiefen Verlauf zu den Muskelzellen der Hauptmasse, und dann laufen diese, bereits zeitig vor dem der Linse zugekehrten Ende des Muskels in ein Band aus, das anfangs von genau derselben Beschaffenheit ist, wie das Sehnenband,

welches Campanula und Linse auf geradem Wege verbindet. Es ist also ebenfalls ein Sehnenband. Den vollständigen Verlauf desselben festzustellen, wollte mir leider nicht gelingen.

Das Aufhängeband stellt einen recht einfachen Typus dar; es besteht nämlich aus einem sehr dünnen, glashellen homogenen Band von beträchtlicher Breite an der Iris-Basis aber geringer Breite an der Linse; auch ist die Verbreiterung des Bandes polarwärts unbedeutend. In seinem Beginn ist es etwa ein Viertel der Irislänge an dieser durch lockeres Fasergewebe befestigt. Seine Lage dorsal ist recht stark nasalwärts verschoben und zwar so, dass man es noch auf Horizontalschnitten in seiner ganzen Längenausdehnung trifft. Wie fein das Ligament ist, geht daraus hervor, dass es höchstens ein Zwölftel der Dicke des sehr dünnen Knorpels hat. (12‴). An der Linse verbreitert sich das Band etwa um das Drei- bis Vierfache. Das Ringgefäss hat in dieser Region einen viermal so hohen Querschnitt als die Capillaren der Hyaloidea.

Gobius lota. C. V.

Die Campanula zeigt sich von vornherein insofern von der erstbeschriebenen verschieden, als sie in ihrer ganzen Ausdehnung mit der Iris verbunden bleibt; sie ist mit ihrem sonst gewöhnlich freien, der Linse zugewandten Rande besonders innig dadurch mit der Iris befestigt, dass das Pigmentepithel der Iris direkt den Rand des Muskels umfasst und in dessen pigmentierte, innere Grenzschicht übergeht. Die Befestigung der übrigen Aussenfläche des Muskels geschieht mittels eines sehr lockeren, faserigen Gewebes, dem auch sehr langgestreckte, spindlige Zellen mit diffuser Pigmentverteilung beigeordnet sind. Ebensolche Pigmentzellen finden sich an der Ursprungsstelle des Muskels. Allda wird die Verbindung des Muskels mit der Iris durch ein dichtgeschlossenes Fasersystem von ansehnlicher Stärke hergestellt. Da der Muskel auch noch am Pupillarrand der Iris mit dieser zusammenhängt, so geht daraus allein schon

geringem Dickenunterschiede der beiden Enden. Die Muskelfasern laufen alle in das Ligamentum musculo capsulare aus. Es ist zum Beginn am stärksten, wird dann aber wieder dünner. Die Pigmentierung des Muskels auf seinen Aussenflächen fehlt völlig. Aufhängeband und Campanula stehen sich diametral gegenüber, und da beide Apparate fast gestreckt und senkrecht an der Linse inserieren, so werden sich die Accommandationsbewegungen wohl lediglich auf eine gerade Verschiebung retinal- und cornealwärts beschränken Das Charakteristische an dem ganzen Accommodationsapparat dürfte also eine verhältnismässig geringe Bewegungsfreiheit, infolge ausgedehnter Befestigung an der Iris sein. Da Beer aber scharfe und rasche Linsenretraktion nachgewiesen hat, so ist sicherlich auch mit der Verschiebung der Linse eine der Iris verbunden. Von der letzteren erwähnt Beer nichts. Beauregard hatte die Campanula bei seinen ophtalmoskopischen Untersuchungen nicht gesehen, ihr Vorhandensein aber vorausgesagt.

Von dem Aufhängeband sagt Carrière, obwohl er speziell Hippocampus untersuchte, gar nichts aus. Dasselbe war auch mir auf nur sehr wenigen Schnitten zur Beobachtung zugänglich und erwies sich da als ein verhältnismässig zartes Band, das im Iriswinkel begann, fest an dem Innenepithel der Iris haftete, fast $^2/_3$ der Länge mit ihr verbunden blieb und nun zur Linse als nicht sehr starkes Band hinzog. Es war seltsamerweise am Beginn am dicksten, und zwar war es da etwa $^1/_3$ so dick als der Knorpel an seiner stärksten Stelle. Kurz vor dem sich wieder flächenartig ausbreitenden Ansatz an die Linse aber wird es lamellenartig dünn. Die Ansatzbreite an der Linse, die an einem Querschnitt des Apparates gemessen, als Sehne des kreisförmigen Linsenschnittes sich ergibt, beträgt ungefähr den 11. Teil des Linsendurchmessers. Infolge der verhältnismässigen Kürze des freibeweglichen Bandes ist kein sehr grosser Spielraum für die Verschiebungen der Linse vorhanden. Der ausgedehnte Zusammenhang der Iris mit der Cornea wird für die rückwärtige Bewegung corneal-

wärts nur von Vorteil sein. Was die Länge des Aufhängebandes anbetrifft, so ist es viel kürzer als die Iris. Ist auch das Aufhängeband im Vergleich zu dem von andern Fischen von nahezu gleicher Augengrösse, wie zum Beispiel von Blennius, ganz unvergleichlich zarter und schwächer ausgebildet, so lässt sich doch aus der Beschaffenheit der Substanz immerhin auch auf bedeutende Festigkeit schliessen. Die im Vergleich zum Ligamentum suspensorium lentis ungleich bedeutender entwickelte Campanula berechtigt noch mehr zu der Annahme, dass das Aufhängeband grosse Festigkeit besitzt. Meine anatomischen Beobachtungen stimmen also mit Beer's Resultaten von seinen Versuchen überein, denn er war von der raschen und ausgibigen Linsenretraktion dieses kleinsten von ihm untersuchten Fischauges sehr überrascht.

Orthagoriscus mola. L.

Der Accommodationsapparat der Linse ist mächtig entwickelt. Der Prozessus falciformis verläuft etwas nasalwärts bis ungefähr in die Mitte der Iris, alsdann nur eine kleine Strecke frei ins Augeninnere hinein und geht nun, sich rasch verbreiternd, in die platte, recht grosse, ungefähr dreieckige Campanula über. Sie hat, von der Aussenfläche besehen, weisslichgraues Aussehen, da nur einige wenige Pünktchen von Pigment auf ihr spärlich zerstreut sind. Von der Campanula aus geht nach der Linse zu das glashelle, recht resistente Sehnenband, das sich äusserst fest mit der Linsenkapsel verbindet. Eine deutliche Streifung, auf die Linse zu gerichtet, war auf ihm zu erkennen, doch halte ich sie für ein Kunstprodukt. Ausserdem geht unterhalb des Sehnenbandes von der Campanula ein Häutchen aus, das, soweit ich es feststellen konnte, mindestens zur Hälfte des Sehnenbandes mit diesem fest zusammenhängt. Genaue Prüfung mit dem Mikroskop zeigte mir nun, dass die aus der Campanula heraustretenden Fasern genau übergehen in die Faserung des Innenhäutchens, nicht in die des Sehnenbandes. Und dieses Häutchen verläuft nun im

Aequator nasal rings um die Linse und setzt sich etwas vor Beginn des eigentlichen Aufhängebandes, aber mit ihm zusammen an die Linse an. Die von der Campanula in des Häutchen ausstrahlenden Fasern zeigen von selbst an, dass die Muskelwirkung sich auch auf dieses Band übertragen wird. Die Campanula greift also in zweifacher Weise an der Linse an, erstens ventral direkt an dem Ligamentum musculo capsulare und zweitens dorsal neben dem Ligamentum suspensorium lentis mit dem zweiten, ringförmig verlaufenden Band. Das ringförmige Band, oder Ringband, das vom Linsenmuskel neben dem Ligamentum musculo capsulare ausgeht, weist in seinem ganzen Verlauf eine faserige Struktur auf. Sobald es aber am Innenrande mit der Hyaloidea sich verbindet, was ziemlich bald ausserhalb des Bereichs des Ligaments geschieht, tritt eine recht eigenartige Faserstruktur hinzu, die im grossen ganzen senkrecht zu der ringförmigen steht und von dem Glaskörper herkommt. Versuche mit zwei Nadeln, das Band in der Querrichtung auszudehnen, erwiesen, dass jene senkrechten Faserzüge sehr zur Festigkeit des Bandes beitragen. Ich konnte es sehr weit ausdehnen, ohne dass es trotz der spitzen Nadeln zerriss. In der Nähe des Ligamentum suspensorium lentis angelangt, verbindet sich dieses Band direkt mit der Linse und zwar so, dass die Faserzüge senkrecht auf die Linse treffen. Dass die Campanula nicht vorzugsweise in der Richtung ihres Sehnenbandes den Zug ausübt, beweist allein schon ihre Lage zum Sehnenband und zur Linse. Der Uebergang der Muskel- in die Sehnenfasern des inneren Ringbandes deutete auch ganz klar die Richtung des Zuges an. Sie verläuft nicht senkrecht zur Linse, sondern in einem recht spitzen Winkel nasalwärts. Somit ist klar, dass unter diesen Umständen die Kontraktion der Campanula ausser der Annäherung an den Augengrund auch eine temporale Verschiebung zur Folge haben muss.

Das Aufhängeband besteht, wie Manz sagt, aus zwei mit der Spitze zusammenhängenden Dreiecken. Von diesen

erscheint das mit der Linse verbundene, blos makroskopisch betrachtet, dünner, elastischer und biegsamer als das mit der Hyaloidea zusammenhängende. Die eingeschnürte Mittelzone ist mit der Iris sehr fest verbunden, so dass es immerhin einiger Mühe bedarf, das Aufhängeband von dort loszureissen. Wenn das geschieht, so geht die Trennung nicht zwischen Iris und Ligamentum suspensorium lentis vor sich, sondern der mit dem Aufhängeband fest verknüpfte Teil der Iris wird mit fortgerissen. All diese bereits makroskopisch gut sichtbaren Verhältnisse werden nun noch viel deutlicher unter dem Mikroskop. Es erwies sich bei dieser Betrachtung, dass die Dicke des Aufhängeapparates durchaus nicht überall die gleiche ist. Er ist an den Rändern ziemlich dünn und nimmt nach der Mitte zu an Dicke beträchtlich zu. Auf der Innenfläche des Aufhängeapparates ist das innere Dreieck fest an den Glaskörper gebunden. Es hängt auf das Innigste mit dem Gewebe des Glaskörpers zusammen, und nur das direkt an die Linse stossende Dreieck ist völlig frei, sowohl aussen als innen. Die Verbindung mit der Iris ist derart, dass knopfartige Vorsprünge des homogenen Aufhängebandes an jener Stelle von der Iris, und zwar von den Zellen des Innenhäutchens derselben umfasst werden. Die starre, unbewegliche Lage des Aufhängebandes wird nun ausser der Befestigung mit der Iris noch dadurch bedingt, dass das erste Dreieck desselben, das sich noch nicht mit der Linse verbindet, sehr resistent ist; es ist dicker und dichter gebaut als das zweite; und diese dicke und, wie mich meine Druck- und Biegungsversuche überzeugten, unbiegsame Platte stützt sich ausserdem auf ein dichtes, vom Glaskörper gebildetes Kissen und ist mit ihm innig verbunden. Das Glaskörperkissen war makroskopisch durch die grössere Dichte bereits auffällig. Es erwies sich ebenfalls gegen Druck ziemlich widerstandsfähig gebaut. Es wird nach der homogenen Platte zu immer dichter. Bei Borax-Carmin-Färbung sieht man eine Faserstruktur, die je näher der Platte, immer mehr parallel zu ihr geordnet ist. Für mich steht es

ausser Zweifel, dass dieses Kissen, das weit dichter und fester ist als der Glaskörper sonst an irgend einer Stelle, keinen andern Zweck haben kann, als die Starrheit der Lage des Aufhängebandes zu erhöhen. Von der Befestigungsstelle an der Iris nach innen zu, wird das Band immer dünner; erst beim Ansatz an die Linse verdickt es sich ganz mächtig. Wenn wir die dünnste Stelle = 1 setzen, so ist im Längsschnitt durch die Mitte des Apparates das starre, erste Dreieck $3^1/_2$ mal, die mit der Iris verbundene Stelle 5 mal so stark. Die Ansatzstelle des Bandes an der Linse ist hier im Mittellängsschnitt 45 mal so dick als die schmalste Stelle kurz vorher und $13^1/_2$ mal so dick als die sonst durchschnittliche Stärke des ganzen Bandes. Die letztere Angabe sagt zur Genüge, mit welch grosser Fläche sich das Band an die Linse setzt. Irgend welche Verwachsungs- oder Verklebungserscheinungen mit der Linsenkapsel waren nicht zu erkennen. Sowohl Linsenkapsel als Aufhängeband zeigen sich völlig gleichartig und eine Grenze ist nicht zu erkennen. Die flächenhafte Verbreiterung des Bandes an der Linse stellt natürlich eine bedeutende Erhöhung der Befestigung von Linse und Band vor. Man denke nur daran, dass man eine Kugel fester in der Hand hält, wenn man sie möglichst weit umspannen kann. Dies Umspannen geschieht hier ausser im Linsenäquator auch recht breit senkrecht zu ihm, polarwärts. Von der Mitte der Ansatzfläche nimmt auf den Schnitten die polare Breite der Ansatzstelle immer mehr ab.

Scorpaena scrofa. L.

Die Campanula zeigt in den Längsschnittbildern viel Aehnlichkeit mit der des Orthagoriscus. Der Muskel repräsentiert auch hier wieder ein stattliches Gebilde, das in seiner Dicke fast der der Retina im Augengrund gleichkommt. Er zeigt im Längsschnitt plumpe Keulengestalt. Das dünnere Ende ist an der Innenseite der Iris etwa ein Sechstel von deren Länge von dem Retinarande entfernt befestigt. Die

Befestigungsweise kann, verglichen mit der des Blennius, nicht gerade eine allzu innige und feste genannt werden, was ja wohl auf ein nur langsames und gemächliches Einstellen der Linse schliessen lässt. Der Muskel läuft nun wieder wie bei Orthagoriscus in jene zwei Bänder aus, in das mächtige, äussere, homogene Ligamentum musculo capsulare und in das innere, dünne, häutige Ringband, in das auch hier wieder das Ausstrahlen der Muskelfasern gut zu verfolgen ist. Letzteres bleibt zunächst mit dem homogenen Sehnenband verbunden, löst sich dann aber wieder los und tritt genau wie bei Orthagoriscus, Blennius nasal als Beginn des Aufhängebandes zur Linse. An Länge und Mächtigkeit übertrifft das Sehnenband bedeutend seinen Muskel. Wie bei Orthagoriscus ist es am Muskel selbst am stärksten, verdünnt sich nicht mehr weit von der Befestigungsstelle an der Linse bedeutend, und geht nun von dieser Stelle, schnell dicker werdend, zur Linse, sich hier mit recht breiter Basis ansetzend. Das Band läuft nun nach aussen wie nach innen in so feine Lamellen aus, dass das wirkliche Ende nicht festzustellen ist. Sehen wir von diesen ganz feinen Rändern ab, so hat die Ansatzstelle im Längsschnitt dieselbe Breite, wie in seiner mächtigsten Ausdehnung beim Ursprung am Muskel. Die dünnste Stelle beträgt gerade den zwölften Teil der dicksten. (60″ : 5″ : 60″). Dass jene dünne Zone im Sehnenband selbstverständlich nur dazu da ist, dem Apparat mehr Beweglichkeit zu verschaffen, ist wohl klar. Diese Zone repräsentiert gewissermassen das Gelenk. Was die Länge des ganzen ventralen Apparates anbetrifft, so ist in dem ganz speziellen Fall, den meine Präparate mir zeigten, diese grösser als die Iris. Der Muskelkörper der Campanula zeigt nicht blos innen dicken Pigmentschutz, sondern auch auf seiner Aussenfläche, wenn auch auf dieser die Pigmentlage feiner ist. Im Muskelkörper selbst fehlt alles Pigment. Der Aussenfläche der Campanula liegt nun noch ein zartes, weitmaschiges Gewebe auf, das am Beginn der Campanula am stärksten zur Entwickelung gelangt ist, nach dem Sehnenband hin allmählig abnimmt,

aber sich doch bis zu diesem hinzieht. In seiner Struktur sieht es durchaus dem Gewebe des Ligamentum pectinatum ähnlich. An den Rändern dieser weitmaschigen Zellen liegen auch hier grosse elliptische Kerne. In das Gewebe, das sowohl durch seine Struktur, als auch durch die Pigmentschicht scharf von dem Muskelkörper der Campanula geschieden ist, sind sowohl ziemlich grosse Capillaren, als grosse, rundliche, kugelige Pigmentzellen eingebettet, die aber nach dem Sehnenband hin in die verzweigten Formen übergehen und dort das Gewebe netzartig durchsetzen. An dem freien, nasalen Rande ist das Sehnenband am stärksten und man kann hier kurz vor der Befestigung von einer so ausgedehnten Verdünnung, wie sie temporalwärts zu beobachten war, kaum reden. Der Muskel ist weder an die Iris noch an den Glaskörper gebunden, und er ist ebenfalls wie der des Blennius, Orthagoriscus recht schräg gegen die Linse gerichtet.

Das Aufhängeband zeigt wieder viele Eigenheiten. Es ist ein Band von im grossen ganzen dreieckiger Form, mit breiter Befestigungsstelle im Iriswinkel und mit verhältnismässig schmaler an der Linse. Das Band hat inmitten und an den Seiten ungleiche Stärke, es nimmt in der Mitte an Dicke zu. Ferner ist das Band am schwächsten und zartesten an dem Ende, mit dem es im Iriswinkel befestigt ist. Von hier schwillt es nach der Linse zu mächtig an und nimmt an Dichte und somit an Festigkeit bedeutend zu. Zur Aussteifung der ganzen Platte dient nach meiner Ansicht wohl sicher eine ungefähr in der Mitte sich ganz gestreckt dahinziehende, sehr dichte Lamelle, von der, wie die Aufnahme der Färbungen beweist, die Dichtigkeit nach den beiden Aussenflächen allmählich abnimmt. Kurz vor dem Ansatz an die Linse hörte diese dichteste Lamelle ganz plötzlich auf, was mich in meiner Annahme, dass sie wohl lediglich zur Geradehaltung des Ligaments dienen soll, nur bestärkte. Denn in dem nur noch bis zur Linse folgenden Abschnitte des Ligaments scheint die Festigkeit nun doch nicht mehr so gross zu sein, da sich die Linse ein bischen nach dem

Augeninnern eingebogen hatte und deutliche Knickungserscheinungen an dem Bande zeigte. Das Ligament ist also bis auf seine Enden eine starre Platte. In der stärksten mittleren Zone des Ligaments reicht die Verbindung des zarten und nicht polsterartig verdickten Glaskörpers mit dem Aufhängeband nicht einmal bis zur Hälfte desselben. Beer hat nachgewiesen, dass die Linsenverschiebung bei Scorpaena nur allmählich und nicht plötzlich wie bei Blennius vor sich geht. Das stimmt auch überein mit meinem anatomischen Beobachtungen. Das Band ist nämlich im Verhältnis zu der bedeutenden Dicke an der Linse in recht zarter Weise am entgegengesetzten Pol, im Iriswinkel, befestigt; so zart, dass eine kräftige, ruckartige Accommodation das Band wohl loslösen würde. Wie zart diese Verbindung ist, demonstrierten mir die Schnitte des einen Auges gleichfalls, indem nämlich trotz aller Sorgfalt, mit der ich die Augen behandelt habe, das Band aus dem Iriswinkel herausgerissen war, und zwar genau aus der Befestigungsstelle, während alles übrige wohl erhalten war. Ausser der Mittellamelle weist das Band absolut keine Anzeichen irgend einer Struktur auf, es ist homogen wie hyaline Substanz. Dichter und fester erscheint mir aber die von der Mittellamelle nach aussen gelegene Schicht. Die Länge des Bandes stimmt fast genau mit der der Iris überein. Zu erwähnen ist noch, dass in dem an der Linse gelegenen, von der Mittellamelle bereits freien Teile des Bandes nun die Aussenschicht die stärkste wird. Sie ist offensichtlich viel widerstandsfähiger als die Innenseite. Ueber die Art der Verbindung mit der Linsenkapsel ist nicht viel zu sagen, der Uebergang des Bandes in die Linsenkapsel ist ein unauffälliger. Im Längsschnitt hat das Band keulenförmige Gestalt. Das Anschwellen vom retinalen Ende her geschieht ganz allmählich. Im Mittelschnitt ist die Ansatzfläche an die Linse rund doppelt so breit, als die dickste Stelle des Bandes vorher. Diese ist wiederum doppelt so stark als der corneale Knorpelrand. An den Seitenrändern nimmt sowohl das Band als die Art der Verbindung mit der Linse eine andere Gestalt an. Von der Mitte an nimmt

die von der festeren Mittellamelle nach aussen gelegene Schicht rasch ab, und schwindet fast ganz, sodass jene dichte Lamelle mehr und mehr die Aussengrenze wird. An Stelle der Verbindung mit der Linse durch die gleiche homogene Substanz tritt nasal eine solche mittels eines sehr lockeren, faserig struierten Häutchens, des Ringbandes. Nach der Iris zu ist das Aufhängeband ganz frei.

Sebastes marinus C. V.

Der Accommodationsapparat zeigt ventral recht einfache Verhältnisse. Ich habe den Apparat zuerst im ganzen untersucht und gefunden: Von der ventralen Endstelle des Prozessus falciformis breitet sich der Campanulamuskel temporal an der Iris aufwärts aus, und läuft von der breiten an der Iris gelegenen Basis spitz, in Dreiecksform, nasalwärts gerichtet zur Linse, sich hier mit einem kurzen, wenig breiten, aber kräftigen Sehnenband ansetzend. Schon makroskopisch war zu sehen, dass das nasale Ende des Sehnenbandes am dicksten war. Genau wie bei Orthagoriscus zeigte sich auf der Innenseite auch wieder das Auslaufen des Muskels in das Ringband. Es ist unter dem Ligamentum musculo capsulare gelegen, zieht sich am Rande des Glaskörpers nasal-dorsal um die Linse herum und setzt sich dorsal, genau wie bei Orthagoriscus auch, mit dem Aufhängeband in Verbindung, d. h. es tritt hier ebenfalls an die Linse heran. Sonst ist der ventrale Muskelapparat überall frei und zeigt weder Beziehungen zum Glaskörper noch zur Iris; er ist völlig selbständig. Der Muskel selbst ist auf beiden Seiten tiefschwarz pigmentiert und hat plattenförmige, nicht rundliche Form. Die Ansatzbreite des Sehnenbandes an der Linse beträgt etwa den 4. Teil, die Uebergangsstelle in den Muskel nur den 7. Teil der Ansatzbreite des Muskels an der Iris. Eigentümlich erschien mir die Befestigung von Strängen, die dem Glaskörper, nahe dem Prozessus falciformis entstammten. Sie setzten sich weit von der Ansatzstelle des Campanula-Sehnenbandes an die Linse an. Form, Richtungs-

verhältnisse des Campanulaapparates stimmen durchaus mit denen von Orthagoriscus überein. Die Mikrotomschnitte haben sodann das bewahrheitet, was makroskopisch festgestellt wurde, nämlich das Auslaufen der Campanula in das den Muskel direkt mit der Linse verbindende Sehnenband und in das nasal um die Linse herumlaufende, ringförmige Band, das nasal sich mit dem dorsalen Aufhängeband zusammen an die Linse inseriert. Die Verhältnisse sind zur Genüge bei Orthagoriscus geschildert, es bedarf hier also darüber keiner weiteren Erörterungen. Im Längsschnitt hat die Campanula Keulenform. Sie ist an der Uebergangsstelle in die Sehnen achtmal dicker als nahe dem Ursprung an der Iris. Dorsal und ventral wird sie von lockerem, pigmentfreiem, Blutgefässe führendem Bindegewebe bedeckt. Der Ursprung an der Iris ist kein direkter. Es läuft vielmehr auch hier am Beginn des Muskels derselbe zwar in ein dünnes, aber sehr festes Sehnenband aus, das gewissermassen mit der Iris verklebt. Am Vorderrand erreicht der Muskel fast die doppelte Dicke der Retina. Das Sehnenband, das zur Linse geht, zeigt grosse Abwechslung in der Gestalt. Am nasalen Rande hat es seine grösste Dicke und ferner die Eigentümlichkeit, an der Zusammenhangsstelle mit der Campanula sich in einen dicken Wulst über deren Aussenfläche hinaus zu legen. Im Schnitt nimmt sich dieser Wulst wie ein stumpfer Sporn aus. Er zeigt keinen Zusammenhang mehr mit Campanulafasern und ist völlig frei. Weiter temporalwärts schwindet der Wulst allmählich und das vorher sehr dicke und überall fast gleich starke Sehnenband wird nahe der Campanula plötzlich ganz dünn, wird im weiteren Verlauf zur Linse wieder so stark wie zuvor, bildet darauf noch einmal eine scharfeckig geformte Verdünnung und geht dann gleichmässig zur Linse, sich an dieser wieder stark verbreiternd. Die grosse, im Schnitt viereckig geformte Falte ist $5^1/_2$ mal, die Einfaltung zwischen ihr und der Campanula etwa 2 mal, der auf die dünnste Stelle zu Linse nun nahezu gleichförmig dahinziehende Teil des Sehnenbandes ist 4 mal, und die verbreiterte Ansatzstelle an der

Linse ist 7 mal so stark, als die dünnste Stelle. Auf der temporalen Seite verläuft das Band in annähernd derselben Stärke von dem Muskel zur Linse. Solch einem eigentümlichen Wechsel in der Oberflächenbeschaffenheit des Campanula-Sehnenbandes begegnete ich nicht wieder. Was die Länge des Apparates betrifft, so ist er in seiner Gesamtheit etwas länger als die Iris, und zwar sieht fast das ganze Sehnenband unter der Iris hervor. Der Muskel selbst ist also fast so lang als die Iris. Temporal dominiert das Hauptsehnenband der Campanula allein, das Ringband findet sich nur auf der nasal gelegenen Seite. Auf der temporalen Seite sind Sehnenband und Campanula scharf von einander getrennt. Das Sehnenband umfasst im Schnitt klammerartig den gerundeten Campanularand und an der Grenze ist in dicker Schicht Pigment eingelagert, ähnlich wie bei Gobius lota, während in der Region, in der das Ringband auftritt, Pigment an der Grenze fehlt, und wieder wie bei Orthagoriscus ein direktes Ausstrahlen des Muskels in den sehnigen Anfang des Ringbandes zu beobachten ist. Das Ringband erwies sich als ein völlig selbständig vom Glaskörper aus dem Winkel zwischen Iris und Retina entspringendes, elastisches Band von nicht unbedeutender Stärke (7‴), die es überall beibehielt. Wahrscheinlich wird die Campanula auch hier von einem schmalen, kurzen, schwarzpigmentierten Band, das ziemlich nahe dem Pupillarrand der Iris entspringt, mit der letzteren verbunden. Ich kann nur die Wahrscheinlichkeit eines solchen Zusammenhanges von Iris und Campanula behaupten. Das von der Iris ausgehende Band war wohl vorhanden, und es verlief auch in der charakteristischen Weise zur Campanula hin, hier fehlt dann aber der Zusammenhang. Und da ich auch keine Stelle an der Aussenfläche der Campanula sah, die auf ein Abreissen des Bandes schliessen liess, jedes derartige Zeichen der pigmentierten Oberfläche vielmehr fehlte, so bleibt mir eben nur übrig, eine solche Verknüpfung als möglich und nach dem Aussehen des Bandes, soweit es vorhanden war, zu urteilen, als sehr wahrscheinlich hinzustellen.

Das Aufhängeband der Linse ist sehr kurz und an der Iris-Basis sehr breit. Die Ansatzstelle an der Linse dagegen ist sehr schmal. Nasalwärts war bei makroskopischer Betrachtung auch bereits sehr gut das allmähliche Uebergehen in die äusserste Glaskörpermembrane zu erkennen. Auch das Aufhängeband ist in seiner Gestaltung, in der Beschaffenheit seiner Gewebe äusserst ähnlich dem Aufhängeband des Orthagoriscus. Das Aufhängeband hat ebenfalls die Gestalt zweier mit der Spitze aufeinander stehender Dreiecke. Das mit der Iris befestigte Dreieck ist ungleich grösser, als das an der Linse angreifende, doch steht umgekehrt dazu das Verhältnis der Dicke und auch der Dichte, was gleichbedeutend ist mit der Festigkeit. Die Länge des Bandes kommt der der Iris gleich, da aber dorsal die Iris nur schmal ist, so ist auch die Länge des Aufhängebandes nur gering. Nasal beginnt das Band mit dem dünnen Ringband, als dessen stark verdickte Fortsetzung wir es auffassen können, und dessen innerste sehr dünne, aber sehr dichte Lamelle es bildet. Zugleich wird die Verbindung des inneren, grossen Dreiecks mit dem Glaskörper eine recht innige, indem hier der Glaskörper in seinem Maschenwerk feiner werdend, allmählich in das homogene Band übergeht und dieses polsterartig von innen unterstützt. Nahe der beide Dreiecke vereinenden Stelle und nahe dem nasalen Rand schickt das innere Band zur Iris einen Vorsprung, der aus einem, dem Glaskörper völlig gleichenden Gewebe besteht. Die Verbindung mit der Iris selbst war leider zerrissen, doch spricht alles dafür, dass jener faltenartige Fortsatz nur zum Zweck einer Verbindung mit der Iris vorhanden war. Die Verbindung beider Dreiecke wird von der nasalen Seite her lange Zeit allein durch die sehr dünne, homogene Mittellamelle hergestellt, aber der Längsschnitt durch die Mittelzone des Bandes zeigt ein völlig anderes Bild. Hier erreicht jene der Verbindung beider Dreiecke entsprechende Stelle nahezu die grösste Dicke. In der Mitte erscheint das Band ohne das Glaskörperpolster keulenförmig, das sehr dünne Ende im Winkel zwischen Iris und

Retinarand befestigt, das sehr breite, keulenförmige Ende sich flach an der Linse ansetzend. Eine Bewegungsfähigkeit, d. h. eine Auf- und Abwärtsbiegung des Aufhängebandes in dieser Mittelzone scheint durchaus ausgeschlossen. Wie steif und unbiegsam das Band wirklich ist, davon überzeugte ich mich durch Versuche. Es liess sich nur im Ganzen etwas auf und ab bewegen, wobei jedenfalls die mir bei diesen makroskopischen Arbeiten nicht sichtbar gewesene Verbindung von Aufhängeband und Iris zerriss. Hier in der Mittelzone ist dicht an der Linse das Band doppelt so dick als die Retina und der weitaus grösste, übrige Teil des äusseren Dreiecks, das der Linse ansitzt, ist über $1^1/_2$ mal so dick als die Linse. Wir haben also ein ganz ausserordentlich kräftiges Aufhängeband vor uns. Nach dem Innenrand nimmt dann das innere Dreieck stetig in seinem homogenen Teil an Dicke ab. Die nach aussen der Iris zu von der dünnen Mittellamelle gelegene, homogene und neben der letzteren, dichteste Schicht zeigt sogar ihre grösste Dicke in der Mitte. Von einer gewissen Stelle an, beginnt temporalwärts die dichte, dünne Mittellamelle in dem der Linse nahe liegenden Dreieck zu schwinden und bleibt nur noch vorhanden in dem Innendreieck, während das übrige homogene Band noch lange in gleicher Stärke bestehen bleibt. In der Mitte schwindet dann aber plötzlich das Band völlig und weiter temporalwärts werden auf den Schnitten auch die Ansatzstellen an der Iris und an der Linse kleiner und dünner, während aber auf der nasalen Seite das Aufhängeband in das Ringband der Campanula übergeht, ist auf der temporalen Seite ein solches nicht vorhanden, was auch für die Identität des Ringbandes mit der dichtesten Mittellamelle des Ligamentum suspensorium lentis spricht.

B. Süsswasserfische.

Abramis blicca. Bl.

Die Campanula, ein grosser, kräftiger Körper, ist an der Iris befestigt. Sie liegt der Iris mit der Aussenfläche dicht an, und von der Irisfläche greift ein dicht pigmentirtes Band um den Vorderrand des Muskels. Letzteres zeigt sehr scharfe Längsstreifung von der Iris zur Campanula, die dadurch verursacht wird, dass das Pigment diffus in langgestreckten, spindelförmigen Zellen eingelagert ist. Die Verhältnisse sind darin sehr ähnlich denen von Gobio gobio, und ich möchte dem Bande die Fähigkeit der Contraktilität zusprechen. Die Iris hat natürlich auch infolge des so engen Anschlusses an die Campanula Veränderungen erfahren. Die Pigmentschicht stellt nicht jene sonst stets so gleichmässig verlaufende Linie dar, sondern ist ein wenig aus der Form geraten. Das Zwischengewebe ist sehr reich mit Blutgefässen erfüllt, und die Argentea ist selbst auf der Aussenfläche mit grösseren Pigmentzügen bedeckt.

Das Ligamentum suspensorium lentis ist fast von der Hälfte der Iris an frei. Bis dahin läuft es, an sie gebunden, ihr entlang. Es ist ein dünnes, homogenes Band, das am Ursprung am stärksten ist, zur Linse hin aber allmählich dünner wird. Ventral hängt es in seiner ganzen Ausdehnung mit dem Glaskörper zusammen, jedoch so, dass eine tiefe Einbuchtung von der Linse her bis dicht zur Ursprungsstelle des Bandes dem Aufhängeband freie Beweglichkeit sichert. Jene innere, vom Glaskörper direkt

stammende Grenzmembrane geht direkt in die Linsenhülle über; man wird demnach erstere, als auch das zwischen ihr und dem homogenen äusseren Band gelegene, sehr zarte Gewebe auch zum Aufhängeband rechnen müssen, sodass dieses alsdann an der Linse eine ganz bedeutende Dicke besitzt, welche die dünnste Stelle nahe dem Ursprung an der Iris um das Zwanzigfache übertrifft.

Oefters sah ich, dass die Verbindung des Accommodationsapparates mit der Linse sich nicht nur auf einen kleineren Bruchteil des Aequators erstreckte, sondern dass zuweilen die Linse äquatorial in grösserer Ausdehnung befestigt wurde. Mir kam da oft der Gedanke, ob es nicht vielleicht auch Fälle gäbe, in denen die Linse allseitig um den Aequator befestigt wäre. Es war mir daher sehr angenehm, dass ich bei Abramis blicca derartige Verhältnisse vorfand. Die Linse ist bei diesem Fisch nicht nur dorsal an dem Ligamentum suspensorium lentis und ventral an dem Sehnenband der Campanula befestigt, sondern das mit dem Accommodationsapparat im engsten Zusammenhang stehende, oberste Blättchen des Glaskörpers, das identisch ist mit der Zonula Zinnii, und in fast allen bisher untersuchten Fällen in Beziehungen zum Accommodationsapparat stand, verbindet sich hier in der Fortsetzung des letztgenannten überall mit der Linse. Sie ist also nicht nur dorsal und ventral befestigt, sondern auch nasal und temporal. Der Befestigungsapparat legt sich nun nicht direkt am Linsenäquator, sondern an einem dem äusseren Linsenpol genäherten Parallelkreis an die Linse. Zu dieser Art der Befestigung an einem dem äusseren Pol genäherten Parallelkreis möchte ich folgendes bemerken: Wir wissen von Abramis blicca, dass die Cornea und infolgedessen auch die vordere Augenkammer flach ist, dass die Linse in Ruhestellung der Cornea dicht anliegt, und dass eine Retraktion der Linse nur möglich ist, wenn die Ebene der Linse in der der Accommodationsapparat befestigt ist, über der Ebene, d. h. der Cornea genähert liegt, in der der Apparat am entgegengesetzten Ende, an der Iris, befestigt ist. Ist die Cornea flach, die Linse aber gross,

wie in diesem Fall, so liegt der Linsenäquator ziemlich sicher unterhalb der Wirkungsebene des Accommodationsapparates, sodass also eine Verlegung seiner Befestigung an der Linse notgedrungen näher dem cornealen Pol geschehen muss.

Acerina cernua. L.

Die Campanula ist ein rundlicher, im Längsschnitt etwa elliptischer Körper, der mit dem der Linse zugekehrten Rand an die Iris gebunden ist, und zwar dieser recht dicht anliegt, während das hintere Ende weiter von der Iris entfernt ist als sonst und mehr in den Glaskörper hineinragt, aber durch Bindegewebe ebenfalls an die Iris gebunden bleibt. Soweit meine Schnitte reichten, konnte ich kein Enden der Campanula im Winkel zwischen Iris und Retinarand beobachten. Der Muskel hörte vielmehr ziemlich weit vorher auf. Er ist also ein relativ kurzer Körper. Mir lag leider nicht die vollständige Serie der Campanulaschnitte vor, um untersuchen zu können, ob das hintere Ende der Campanula überall frei endigte. Einen festen Halt gewinnt aber die Campanula an ihrer inneren Ursprungsstelle dadurch, dass sie sich mit dem hier recht fest und kräftig werdenden Glaskörpergewebe verbindet. An der Verbindungsstelle selbst und im weiteren Umkreise wird das Glaskörpergewebe so dicht, dass es einen fast homogenen Eindruck macht. Besonders ist die äusserste Membrane, die die Verbindung mit der Iris herstellt, sehr dicht. Ferner sah ich durch den Glaskörper von dem Nerveneintritt her ein weites Gefässstämmchen den Glaskörper direkt durchziehen und in das innere, hintere Ende der Campanuln eintreten. Das schwarz pigmentierte Aufhängeband der Campanula ist vergleichbar mit dem von Gobio gobio, es läuft nicht radial der Iris entlang zur Pupille hin wie beim Hecht, sondern ungefähr parallel dem Rande der Iris. Es zeigt auch wieder eine Zusammensetzung aus langen, spindelförmigen Zellen, in denen Pigment diffus verteilt ist. Die Dicke der Campanula ist ziemlich bedeutend, sie kommt der

der Retina völlig gleich. Auch auf der Innenseite ist die Campanula nicht frei, sondern steht in engem Zusammenhang mit dem Glaskörper. Die Struktur des Muskels macht einen recht verworrenen Eindruck. Eine einheitliche Richtung der Muskelelemente besteht nicht. Es scheint mir sehr wahrscheinlich zu sein, dass diesem Muskel, in dem eine einheitliche Richtung der Elemente nicht besteht, nur eine einzige Zugwirkung entsprechen soll. Ganz merkwürdig war für mich der Uebergang des am Pupillarrand stark verdickten Muskels in das Sehnenband, das nicht cornealwärts, sondern einwärts gerichtet war. Das Sehnenband macht keinen sehr starren Eindruck, sondern erscheint vielmehr weich und häutig.

Das Aufhängeband ist von ganz ansehnlicher Breite, an den Rändern jedoch sehr dünn. Mit dem Glaskörper hängt es fast in seiner ganzen Ausdehnung zusammen. Erst kurz vor der Linse tritt dieser zurück. Doch ist die Ansatzstelle an die Linse wieder ganz aussergewöhnlich breit, und das Gewebe hier noch nicht homogen, sondern faserig wie das des Glaskörpers. Nach der Mitte wird das Band mehr und mehr homogen und bleibt in seiner der Iris zugekehrten Hälfte dünn und eng an den Glaskörper gebunden, der hier ähnlich wie bei Sebastes, aber in weit schwächerem Maasse, polsterartig ausgebildet ist. Das Aufhängeband wird dann auf der Unterseite vom Glaskörper frei, rasch dick (70‴) und geht, indem es an der Linse sich plötzlich und weit polarwärts ausfaltet, in deren Kapsel über. Die äusserste Grenzlamelle ist die dichteste; sie ist sehr dünn im Vergleich zur Dicke des ganzen Bandes (nur 5‴). Mit der knorpligen Sklera an seiner stärksten Stelle verglichen ist das homogene Band etwa doppelt so dick. Weiter nach dem ausgeschweiften, temporalen Rande zu nimmt das Band an Dicke rasch ab.

Cobitis fossilis. L.

Die Campanula ist vorhanden. Soweit gute Schnitte vorlagen, sah man die Campanula nur als dünnen, ge-

streckten, aber kurzen Muskel mit ziemlich langem Sehnenband. In seiner ganzen Ausdehnung ist er an der Aussenfläche mit der Iris fest und nahe verbunden und sehr dicht pigmentiert.

Aufhängeband. Von dem dorsalen Aufhängeband kann ich keine zuverlässigem Angaben machen. Jedenfalls ist die Entwickelung und Stärke des Muskels gegenüber dem anderer Fische doch recht auffällig gering. Daraus kann man schliessen, dass seine Tätigkeit keine sehr grosse sein wird.

Cobitis taenia. L.

Die Campanula hatte ich nur in Querschnitten (Horizontalschnitten des Auges) zur Untersuchung. Auf ihnen präsentierte sie sich als bandartiger, parallel zur Iris ausgebreiteter, dünner Muskel von ziemlich beträchtlicher Breite. Er war am Sehnenband am breitesten. weiter zur Ursprungsstelle zurück wurde er immer schmäler. Er ist aussen hin am vorderen Rande frei, sonst aber zum grössten Teil seiner Länge mit seiner Aussenfläche an der Iris befestigt, und zwar mittels eines schwarzpigmentierten Bandes, das mit dem Pigmentepithel der Iris in direkter Verbindung steht. Es setzt sich also nicht am vorderen, der Linse zugewandten Rand an, sondern befestigt die Campanula in ihrer ganzen Länge an der Iris.

Eeox lucius. L.

Die Campanula zeigt viel Aehnlichkeit mit der von Gobius lota, indem sie sich nämlich ebenfalls sehr schräg zur Linse hinzieht und am Irisrand von einem von da herkommenden, tiefschwarz pigmentierten, dünnen Bande mit dieser verbunden wird. Letzteres geht in die Pigmentschicht über, welche die Campanula innen bekleidet; doch wird der Muskel durch das Pigmentband nicht so eng wie bei Gobius lota an die Iris geschlossen, es besteht ein ziemlich grosser Zwischenraum, der aber immer geringer

wird, je näher man dem Ursprunge der Campanula kommt wo denn auch feine, helle Fasern Campanula und Innenepithel der Iris zusammenhalten. Sonst ist der Raum zwischen Campanula und Iris leer. Der Campanulkörper hat allseitig geschlossene, kompakte Form, ist an seiner Ursprungsstelle ziemlich breit und hoch und an seiner ganzen Oberfläche, besonders aber innen, dicht pigmentiert. An die Linse schliesst er sich mittelst eines nicht sehr ausgedehnten Sehnenbandes an, das nasalwärts in der Richtung des Zuges am stärksten ist, von da an aber nach der andern Seite rasch dünner wird und bald ganz aufhört. Der Glaskörper ist hier gleichfalls durch eine feine Membran mit dem Sehnenband des Muskels verbunden. Das Ligamentum musculo capsulare kommt dem Glaskörper mit einem faltenartigen Vorsprunge entgegen. Zwar konnte ich den ganzen Verlauf der feinen Glaskörpermembran nicht verfolgen, aber ich vermute, dass sie wohl nur in die innere Grenzmembran des Glaskörpers auslaufen wird. Die Dicke der Campanula kommt der der Retina am Rande völlig gleich. Die Breite der Ansatzstelle des Sehnenbandes an die Linse ist etwas grösser als die Dicke des Muskels. Kurz vorher hat das Sehnenband eine Zone, in der es sich auf $^1/_4$ dieser Dicke verdünnt.

Das Aufhängeband wiederum zeigt einige Aehnlichkeit mit dem von Gobio gobio, was die äusseren Umrisse im Längsschnitt betrifft. Im inneren Bau weicht es jedoch erheblich von diesem ab. Von einer verhältnismässig schmalen Ursprungsstelle nimmt das Band an Dicke stetig zu, wird aber dabei bis auf das Aussen- und Innenblatt immer heller, also weniger dicht und fasert sich nach innen zu immer mehr auf. Da sich diese Auffaserung immer an die Linse festsetzt, so entsteht eine ganz bedeutend grosse Ansatzfläche. Der Zusammenhang mit dem Glaskörper ist gering ausgebildet, er wird daher von keinerlei Bedeutung für das Band sein. Innen- und Aussenfläche werden von einer dichteren und festeren Lamelle abgegrenzt. Sie ist aussen stärker als innen. Die grösste Beweglichkeit liegt

an der dünnsten Stelle, die bald auf den Ursprung folgt, also abweichend von vielen andern Fischen, bei denen, wie bei Orthagoriscus, Blennius die dünnste, zu Biegungen am besten geeignete Stelle nahe der Linse oder wenigstens nicht weit davon entfernt liegt. In dem übrigen Gebiet dürfte wohl eine Biegung des Bandes nicht gut möglich sein; es macht einen recht starren Eindruck und ist in dem homogenen Teil viermal so stark, als an dünnster Stelle. Was seine Dicke anbetrifft, so muss man das Aufhängeband als ein recht kräftiges Gebilde bezeichnen, das nur am Ursprung dünner als die Iris, sonst aber überall weit dicker ist. Auch ist das Band etwas länger als die Iris. Es geht nicht direkt von dem Winkel zwischen Iris und Retinarand hervor, sondern bleibt $^1/_3$ deren Länge mit ihr verbunden. Seine Ansatzfläche an der Linse ist im Längsschnitt viel geringer, als die Länge des Bandes selbst.

Gobio gobio. L.

Die Campanula ist durch ihren eigenartigen Zusammenhang mit der Iris recht kompliziert gestaltet. Sie beginnt nasal und temporal gewissermaassen mit einem Widerstandsfähigerwerden der äussersten Glaskörpermembran (Zonula Zinnii), die in ähnlicher Weise wie das Aufhängeband dorsal an der Iris von einem kleinen faltenartigen, aber niederen Vorsprung ausgeht. Näher der Campanula schwindet dieser völlig, das äusserste Glaskörpergewebe nimmt dichtere Beschaffenheit an und wird recht ähnlich dem Aufhängeband, sodass in dieser Zone bei flüchtiger Betrachtung leicht eine Verwechselung mit dem dorsalen Ligamentum suspensorium lentis eintreten kann. Das Band verbindet sich bereits mit der Linse, verfolgen wir die Schnitte weiter temporalwärts, so sehen wir, wie das Innenepithel der Iris schlingenartig in das Augeninnere hineinwuchert und mit dem homogenen Band, das zum Campanulaapparat gehört, verschmilzt, und zwar geschieht dies ungefähr inmitten der Iris. Das Sehnenbandende an der Linse wird bis auf eine

zwar sehr dichte, aber ganz dünne Membran reduziert und nicht weit davon finden sich in dem wieder dicker werdenden, homogenen Bande rundliche, ziemlich grosse Gefässquerschnitte, wie ich sie bisher noch nicht gefunden habe. Die Verbindung des homogenen Bandes mit der Iris wird immer inniger und ausgedehnter, je mehr wir uns dem Muskelkörper der Campanula nähern; schliesslich tritt die ganze Innenseite der Iris in den Hilfsdienst der Campanula. Von dem Irisrande tritt schräg zur Campanula ein tiefschwarz pigmentiertes Band, das aus langen, feinen, bipolaren Zellen zusammengesetzt ist und in denen diffus Pigmentkörnchen eingelagert sind. Ich möchte jenem Band die Fähigkeit der Kontraktilität zuschreiben. Die Wirkung des Zusammenziehens dieser Zellen, die mit der Iris fast gleichgerichtet sind, würde ein enges Anliegen der Iris an der Campanula zur Folge haben, vielleicht auch eine Verkürzung der Irislänge. Da die Zellen wahrscheinlich je nach der Stärke der Beleuchtung reagieren, so würde die Iris bei viel Licht der Campanula enger anliegen als bei wenig Licht und damit zugleich ein störendes Eintreten von Lichtstrahlen zwischen Iris und Linse verhindert sein. Dass die Campanula von der Iris angezogen würde, ist wegen der ausgedehnten und festen Verbindung des ganzen Apparates mit dem Glaskörper nicht anzunehmen. Das die Iris und Campanula im übrigen verbindende Gewebe ist nicht kompakt, sondern umschliesst grosse, nur epithelial ausgekleidete Blutbahnen. Die Iris hat über der Campanula auch recht starke Veränderungen erlitten. Die Pigmentschicht ist bedeutend dicker als in anderen Regionen. Die darüber gelegene Schicht ist arm an Pigment, nur einige wenige gestreckte und fein verzweigte Pigmentzellen finden sich darin. Sie schliesst hier ganz bedeutend weite Blutbahnen ein. Nun nimmt bei weiterer Verfolgung der Schnitte nasalwärts die Verbindung des Muskels mit der Iris immer mehr ab, das Sehnenband dagegen an Stärke wieder bedeutend zu. Der Muskel zeigt sich als ein geschlossener, kompakter Körper, in welchem die Blutver-

sorgung in nur epithelial ausgekleideten Blutbahnen ausserordentlich reich bleibt. Die Campanula bleibt auch hier mit der Iris im Zusammenhang, nur geschieht dies durch ein strukturloses Gewebe, das mit dem Sehnenband des Muskels in direkter Verbindung steht. Das Sehnenband breitet sich nun in beträchtlicher Stärke nach entgegengesetzter, nasaler Richtung aus und endet gleichfalls schräg nasal an der Linse. Wir haben also sowohl nasal als temporal ein Anschwellen des Sehnenbandes zur Linse mit einer sehr dünnen Mitte. Ich nehme zwei Richtungen an, in denen die Campanula wirken wird. Das zuletzt beschriebene, in geschlossenem Zuge nasal angreifende Campanulabündel, das aussen hin nur sehr wenig an der Linse befestigt ist, wird die Linse in gewöhnlicher Weise retinal-temporalwärts herabziehen. Das entgegengesetzt gerichtete ungeordnete Bündel, dessen Sehnenband in engem Connex zum Glaskörper steht, wird vielleicht die rückwärtige Bewegung nasal-cornealwärts beschleunigen. So denke ich, dürfte der Apparat arbeiten.

Das Aufhängeband ist recht kurz, weil es fast erst von der Mitte der Iris an seinen Ursprung nimmt, und diese selbst im Vergleich zur Grösse des Auges ebenfalls recht schmal ist. Das Band macht einen sehr festen zähen und widerstandsfähigen Eindruck. Die Befestigung an der Iris ist ebenso breit und innig wie an der Linse. Es sieht aus als ob das dünne, aber sehr dichte Band an seinen beiden Enden sich auffasere, da es sowohl an der Iris als an der Linse nur an den Flächen aussen und innen eine dichtere Beschaffenheit aufweist, inmitten aber weit heller, durchsichtiger, also weniger dicht ist. Der Ursprung an der Iris macht einen weit resistenteren Eindruck als das Ende an der Linse. Die Iris bildet an der Ansatzstelle des Bandes eine niedrige Falte, sie kommt dadurch den Lamellen des Bandes entgegen. An der Linse läuft die dichteste und festeste Lamelle als äussere Grenze ziemlich direkt auf die Linse zu und geht nur wenig an derselben polarwärts hinauf, während der mehr lockere, nach innen zurückgekehrte

Rand recht weit zu dem inneren Linsenpol herabzieht. Die mittlere Zone des Bandes von homogenem Aussehen, zeigt überall die gleiche Dicke und gleiche Dichte. Das Verhältnis der Dicke des ganzen Bandes an der Linse zu der der Mitte, zu der an der Iris, ist 60″ : 2″ : 30″ wie 30 : 1 : 15. Die Länge des ganzen Bandes ist nicht einmal doppelt so gross, als seine Breite an der Linse. Die eben gegebene Beschreibung gilt für einen Schnitt aus der Mitte des Bandes. Nach den Rändern hin wird die Ansatzstelle an der Linse immer schmäler, während in den übrigen Gebieten die alten Verhältnisse bewahrt bleiben. Die Iris zeigt an der Befestigungsstelle festes, dichtes Gewebe; dasselbe gilt vom Ligamentum pectinatum. Nach innen besteht wieder ein Zusammenhang mit dem Glaskörper, doch erscheint er recht schwach ausgebildet, auch tritt er, nur am Irisrande sichtbar, in einigen, sehr dünnen, feinen Fasern auf. An der Iris-Basis ist das Band um einiges breiter, als an der Linsenbasis. Der Gesamteindruck, den man von dem Aufhängeband erhält, besagt, dass wir es mit einer scharf und schnell arbeitenden Campanula zu tun haben, wenn ihr ein auf Zugfestigkeit so wohl eingerichtetes Band standhält. Sehr auffällig und eigentümlich ist es, wie stark die Aufhängebänder der beiden Augen eines Fisches variieren. Wie jenes erste beschaffen war, habe ich soeben beschrieben und möchte nun auch noch hinzufügen, inwiefern ich das Aufhängeband bei dem zweiten Auge anders ausgebildet gefunden habe. Das Band schied sich hier deutlich in eine äussere, sehr dichte Lamelle und in eine innere, sehr lockere, welche den Zusammenhang mit dem Glaskörper herstellte. Je mehr nach innen, desto lockerer und faseriger wurde es, während an der linienscharfen Grenze zur äusseren Lamelle das Band noch ziemlich homogen aussah. Nach innen schloss sich dann das lockere Gewebe des Aufhängebandes mit einer der Linse zugekehrten Membran ab, die sich sehr weit innen an die Linse festsetzte, so dass die Ansatzfläche des Gesamtbandes in der Polrichtung sehr breit und um $^4/_{10}$ grösser war, als die Länge des homogenen Aufhängebandes überhaupt.

Lota lota. L.

Die Campanula nimmt ihren Ursprung nicht genau aus dem Winkel zwischen Iris und Retina, sondern der Processus falciformis durchbricht schon eine ganze Strecke vor dem Retinarande die Retina, geht dann allerdings möglichst parallel derselben frei zur Iris hinauf und biegt nun wieder parallel der Iris in den Muskelkörper ein. Dieser sitzt zunächst noch an der Iris fest, wird aber bald frei und zieht sich nun direkt zur Linse, um sich da mit einem ziemlich dicken Sehnenband anzusetzen. Da die Campanula selbst Irislänge erreicht, so ist das Sehnenband nur kurz. Anfangs ist sie ziemlich dünn. Auf der Aussenseite ist die Campanula stark mit Pigment bekleidet, ventral dagegen gar nicht. Im Innern finden sich auch längliche Pigmentzellen zerstreut. Die Campanuladicke (50‴) ist nicht allzu beträchtlich, sie übertrifft darin nur um weniges die der Iris darüber.

Das Aufhängeband könnte ich nur beschreiben, wie ich es an ungefärbten Präparaten im Längsschnitt gesehen habe, und das Bild, das sich mir da bot, stimmte durchaus mit dem überein, welches ich beim Hecht bereits sehr ausführlich beschrieb.

Rhodeus amarus. Bl

Campanula. Der ventrale Accommodationsmuskel bietet wieder einige neue Eigenheiten. Zunächst ist die im Querschnitt rundliche Campanula an einem ziemlich langen, stark pigmentierten Band, welches von der Pigmentschicht der Iris ausgeht, bis vorn zum Pupillarrand aufgehängt, an ihrer Aussenfläche also nirgends frei, mit Ausnahme des recht kurzen Sehnenbandes. Ausserdem ist der Muskel seitlich gleichfalls nicht frei, sondern steht hier im Zusammenhange mit einem Band, das dieselbe Beschaffenheit aufweist als das Sehnenband der Campanula selbst. Es ist besonders kräftig an der temporalen Seite. Es läuft in fast immer derselben Stärke bis in den Iriswinkel, wo es seinen Zusammen-

hang mit dem Glaskörper dokumentiert. Auf der nasalen Seite ist das Band dagegen sehr zart und unterscheidet sich in Dicke und Struktur gar nicht von dem Glaskörper. In den Partien, in denen jenes temporale Sehnenband am besten ausgebildet ist, sondert sich der Muskelkörper der Campanula sogar in zwei Bündel, in ein der Iris näher gelegenes, das sich eben mit den seitlichen Bändern verbindet, und in ein dem Fundus genähertes Bündel, welches sein Sehnenband direkt zur Linse schickt. Die Muskelelemente des äusseren Bündels enden recht sichtbar in dem seitlichen Sehnenband. Das schwarz pigmentierte Aufhängeband der Campanula, das von der Iris herabkommt, ist nichts weiter als die direkte Fortsetzung der Processus falciformisfalte, die sich hier ausnahmsweise bis an den Pupillarrand der Iris hinzieht. Die jenes Band zusammensetzenden langen, pigmentierten, spindelformigen Zellen sind vielleicht wieder kontraktile Elemente, die durch Verkürzung ein Näherbringen des Muskels zur Iris und somit auch der Linse zur Folge haben. Jenes temporalwärts ziehende Band wird wohl in etwas stärkerem Masse die Aufgabe haben, die temporal-retinalwärts gezogene Linse wieder nasalwärts zurückzuführen. Das seitliche Sehnenband der Campanula hört ziemlich unvermittelt auf, wenn die Region beginnt, in der das direkt zur Linse gehende Sehnenband an Umfang und Stärke zunimmt. Alsdann beginnt auf der Innenfläche und der temporalen Seite der Campanula eine starke Pigmentumkleidung, und da, wo das Sehnenband ausgegangen ist, entspringt seitlich das Aufhängeband zur Iris, und die Campanula verliert hier gänzlich die Beziehungen zur äussersten Glaskörpermembran. Nasal werden sie nun umgekehrt zu dieser fester. Das Ligamentum musculo capsulare ist zunächst ziemlich kräftig, wird dann aber recht dünn und verbreitert sich an der Linse beträchtlich. Dorsalwärts zieht sich das Sehnenband wieder dünner und dünner werdend, ganz bedeutend an der Linse empor und behält stets innige Beziehungen zur Glaskörpermembran bei.

Das Aufhängeband ist wieder ein recht einfach gebauter Apparat. Es hat eine Mittelzone grösster Dichtigkeit und Festigkeit, an die sich nach innen und aussen eine recht helle und fast gar keine Färbung annehmende, mehr oder weniger dicke, homogene Lamelle anlegt. An der Ansatzstelle der Linse bildet die dichteste Lamelle die Aussengrenze, und die glashelle Schicht ist dagegen nach innen zu bedeutend entwickelt. Dies Band entspringt an der Iris, $^1/_3$ deren Länge vom Retinarande entfernt. Die Ursprungsstelle ist ziemlich kräftig. Im grossen und ganzen hat das Band überall fast die gleiche Dicke. Am dicksten ist es wie gewöhnlich wieder beim Uebergang zur Linse. Ventral steht es fast in seiner ganzen Länge in Verbindung mit dem Glaskörper, durch ein äusserst feines, sehr helles Glaskörpergeflecht, das Färbungen so gut wie garnicht angenommen hatte. Die Länge des Aufhängebandes stimmt genau mit der Irislänge überein. Von der Iris darüber ist knapp der vierte Teil vom Ligamentum pectinatum nicht mit der Cornea verbunden. Genaue Messungen habe ich über die verschiedenen Dicken des Bandes deswegen nicht anführen können, weil der Uebergang zum Glaskörper ein so feiner und allmählicher war; doch kann man sagen, dass die stärkste Zone kaum der Höhe der Iris an der betreffenden Stelle gleichkommt. Die Ansatzstelle an die Linse polarwärts ist etwa doppelt so hoch als die Irishöhe, die Breite nimmt einen ziemlich bedeutenden Teil des äquatorialen Umfanges der Linse ein. Von der Fläche betrachtet, zeigt es die Form eines Rechteckes mit konkavgeschweiften Seitenwänden. Die Festigkeit ist recht bedeutend, denn dies bewiesen mir Versuche, die ich darüber anstellte. Reisst man die Linse einfach aus dem Bulbus heraus, so kommt das ganze Aufhängeband mit einem Stück Iris mit. Ebenso fest sitzt das Sehnenband der Campanula an der Linse, auch dieses bleibt an derselben hängen. Meine Versuche, die ich weiterhin fortsetzte, überzeugten mich jedenfalls von einer ganz ausserordentlichen Widerstandsfähigkeit und guten Verbindung des Accommodationsapparates mit der Linse.

II. Zusammenfassung.

a) Form des Accommodationsapparates als Merkmal für die Spezies, Gruppierung nach seinem Zusammenhang mit der Iris.

Ich habe im speziellen I. Teil, bei den einzelnen Fischen, jedesmal möglichst genaue Angaben über die Anatomie und die Gestalt der einzelnen Bestandteile des Accommodationsapparates gemacht und will hier nur eine Zusammenfassung und die daraus zu folgernden Resultate geben.

Haller schrieb der Campanula Glockenform zu, aber man erkannte bald, dass dies nicht immer die Gestalt der Campanula war.

Für Lachs, Forelle, Hering gab Ziegenhagen Dreiecksform der Campanula an. Ich selbst habe eine grosse Verschiedenheit der äusseren Form feststellen können. Im allgemeinen haben die mehr oder weniger flachen Linsenmuskel mit sehr schiefer, temporal-nasaler Richtung immer Dreiecksform, die um so stärker ausgeprägt ist, je unabhängiger der Muskel von der Iris dasteht. Im Grunde genommen zeigt jeder dieser Apparate, für sich betrachtet, eine besondere Gestalt und Art der Befestigung. Die Unterschiede sind immer so auffallender Natur, dass, wenn bei ein und derselben Art Form und Gestalt u. s. w. konstant eind, was ich stark vermute, leider aber nur in einzelnen Fällen feststellen konnte, wie bei Blennius, Gobius lota, Cyprinodon, man an dem Accommodationsapparat sehr wohl erkennen kann, welcher Fischart das Auge zugehört. Der Accommo-

dationsapparat scheint demnach für jede Art charakteristisch zu sein.

Es wäre sehr interessant, weiterhin nachzuforschen, ob diese Vermutung, die ich in den wenigen genannten Fällen bestätigt fand, sich auch allgemein bewahrheitet.

Es lassen sich auf Grund gleicher anatomischer Beschaffenheit der Linsenmuskeln in erster Linie zu einer Gruppe vereinigen: Orthagoriscus mola, Blennius tentacularis, Scorpaena scrofa, Sebastes marinus. Und zwar sind die flachen, ungefähr dreieckigen Linsenmuskeln dieser Gruppe, auf der Aussenseite frei von der Iris, auf der Innenseite frei vom Glaskörper und auf der temporalen Seite frei von der Zonula Zinnii. Dafür steht der Muskel nasal in inniger Beziehung zu dem Ringband, in das hinein die Muskelelemente direkt ausstrahlen. Dadurch ist auch die sehr schräge Richtung temporal-nasalwärts bedingt. In gewissem Sinne stimmen in dieser Gruppe die dorsalen Aufhängebänder der Linse auch überein. Sie alle werden von einer mehr oder weniger dichten, polsterartigen Verdickung des Glaskörpers, mit dem sie zur Hälfte innig verbunden sind, unterstützt und sind, ausser bei Orthagoriscus mola, auf der Aussenfläche von der Iris völlig frei.

Das Aufhängeband der Linse von Orthagoriscus mola ist in der Mitte in äusserst inniger Weise mit der Iris verbunden.

Bei Cyprinodon calaritana finden sich ähnliche Verhältnisse, was die Campanula anbetrifft.

Bei sämtlichen anderen von mir untersuchten Fischen ist sowohl der Muskel als auch das dorsale Aufhängeband in mehr oder weniger ausgedehntem Masse an die Iris gebunden.

Bei dem Aufhängeband liegen die Verhältnisse relativ insofern einfach, als der Ursprung des Ligamentum suspensiorum gewissermassen nur mehr oder weniger weit pupillarwärts verschoben wird.

Anders dagegen verhält es sich mit den Verbindungen des Campanulamuskels mit der Iris. Zunächst ist hervor-

zuheben, dass hierbei stets das Pigmentepithel der Iris eine grosse Rolle spielt; nur ist die Art und Weise, wie es an den Muskel befestigt ist, verschieden. Ich habe auf Grund dieser Verschiedenheit wieder zwei Gruppen aufstellen können, nämlich eine, bei der das schwarze Aufhängeband die Campanula von ihrem Ursprung bis zum Uebergang in das Sehnenband befestigt, also radial in der Iris gerichtet ist. Dies ist der Fall bei Rhodeus amarus, dem Bitterling, Cobitis taenia, dem Steinbeisser, und wahrscheinlich auch bei dem Schlammbeisser, Cobitis fossilis.

Bei den meisten Fischen fand ich nun die Campanula in entgegengesetzter Art befestigt. Es greift das Pigmentepithel der Iris gewissermassen parallel den Pupillarrand um den vorderen Rand des Muskels und geht in dessen innere Pigmenthülle über. Derart sah ich die Befestigung beim Hecht (Esox lucius), beim Kaulbarsch (Acerina cernua), beim Gründling (Gobio gobio), bei Abramis blicca, Lota lota und bei Gobius lota. Ausser dieser recht auffälligen Befestigung besteht gewöhnlich noch eine andere mittels eines feinfaserigen Gewebes, das zuweilen homogenen Charakter annehmen kann.

Die äussere Gestalt der Campanula schwankt in den einzelnen Gruppen ganz ausserordentlich. Die grösste Einheit fand ich noch bei der ersten Fischgruppe, die eine von der Iris völlig freie Campanula besass. Stets war die Oberseite pigmentiert. Die Accommodationsapparate der übrigen zeigten aber ganz auffällige Variationen in der Form. Ich möchte aber doch sagen, dass in den übrigen Fällen der Muskel meist eine mehr rundliche zylindrische Gestalt besass und nicht plattenförmig ausgebildet war.

Die Verschiedenheit der Grösse des Muskels wird von Ziegenhagen als besonderes Charakteristikum angeführt. Nun wissen wir seit Beer's Versuchen, dass in den Fällen, in denen die von der Campanula bewirkte Linsenretraktion schwach oder gar nicht vorhanden ist, der Linsenmuskel in gleicher Weise auffällige Reduktion aufweist. Im letzteren Falle geht sie so weit, dass schliesslich der Zusammenhang mit der Linse verschwindet, wie z. B. bei Cadus minutus.

Der Campanulamuskel verhält sich genau so wie jeder andere Muskel bei Nichtgebrauch. Er ist gross und kräftig, wenn er stark in Anspruch genommen wird, klein bei den Fischen, bei denen er nur gering arbeitet, bei denen also die Linsenretraktion nur schwach ausgeführt wird, und rudimentär da, wo Linsenretraktionen überhaupt nicht mehr stattfinden. Die Grösse und Stärke des Muskels ist also auch hier abhängig von der Häufigkeit und Ausgiebigkeit seiner Funktionen. Dies hat auch Beer bestätigt gefunden. Er fand grosse und auffallend schnelle Linsenverschiebung z. B. bei den Blenniiden. Ich war dann auch bei den Serienschnitten von Blennius tentacularis über die mächtige, hoch entwickelte Campanula erstaunt. Man merkt dem ganzen Benehmen der Blenniiden an, da ich derartige Fischchen ebenso wie Beer lebend im Aquarium beobachten konnte, dass sie vorzüglich sehen. Dass alle intelligenten Fische, die, ähnlich dem Blennius, so behend und so überaus sicher im Wasser sich bewegen, wohl immer eine gut entwickelte Campanula, falls dle Accommodation durch eine solche zustande kommt, haben werden, scheint für mich sicher zu sein. So werden wir allgemein bei all den Raubfischen, bei denen es darauf ankommt, dass sie gut und schnell accommodieren, wohl entwickelte Linsenmuskeln vorfinden. Beer machte die interessante Beobachtung, „dass die Accommodation bei den agilen Grundfischen, bei den rasch und virtuos die Flut durcheilenden Schwebefischen und bei den pelagischen Schwimmern am raschesten erfolgt, am langsamsten bei den trägen Grundfischen".

Bei den ersteren werden wir wohl immer eine kräftig ausgebildete Campanula voraussetzen können, nicht so bei den trägen Grundfischen. Beer führt als Beispiel für besonders langsame Accommodation die Seekröte „Scorpaena" an. Ich fand dann aber bei der Sektion des Skorpaenaauges, dass ein sehr gut ausgebildeter Accommodationsapparat vorhanden war und dieser grosse Aehnlichkeit mit dem des Blennius zeigte. Danach wäre man berechtigt anzunehmen, dass trotz der Langsamkeit der Accommodation diese doch

in bedeutendem Masse stattfände. So kann man schliesslich bis zu einem gewissen Grade aus der Lebensweise des Fisches auf die Ausbildung seines Accommodationsapparates schliessen. So möchte ich z. B. Cobitis fossilis keine besonders lebhafte Accommodation zuschreiben, denn seine Bewegungen im Aquarium lassen nicht vermuten, dass er mit besonders guten Augen und einigermassen lebhafter Accommodation begabt ist. Er schiesst, wenn man ihn in seiner Ruhe stört, blindlings irgend wohin, wobei es sich oft ereignet, dass er anstösst. Ich habe eine so auffällige Unsicherheit in der Umgehung von Hindernissen an keinem der andern mir zur Beobachtung zugänglichen Fische bemerkt. Jedenfalls war doch auffallend, dass bei Cobitis taenia, der im klaren Wasser sich aufhält, der Muskel, wenn zwar auch recht dünn, doch flächenartig, also höher als bei Cobitis fossilis entwickelt war. In beiden Fällen repräsentierten sich die Linsenmuskeln aber als ziemlich schwache Gebilde. Da sie vorhanden sind, so werden wir wohl eine accommodative Linsenretraktion annehmen können. Nach den unsicheren Bewegungen im Aquarium zu urteilen, dürfte diese bei Cobitis fossilis nur sehr langsam vor sich gehen.

Ich fand nun bestätigt, dass die von der Iris ganz freien, gewöhnlich flächenartig ausgebildeten Linsenmuskeln stets die grössten und kräftigsten waren, und dass die Grösse des Muskels selbst geringer wurde, je mehr der Muskel sich mit der Iris verband und je dichter das Zwischengewebe zwischen ihm und der Iris war.

Ziegenhagen gibt als Befestigungsarten der der Linse abgewandten Seite des Muskels folgende an, S. 43: „Einmal kann der Zusammenhang mit der Iris existieren und zwar in direkter wie beim Stör oder durch Vermittelung eines Fortsatzes (Hering.) Eine zweite Art der Befestigung erfolgt durch eine ventrale, durchsichtige, resistente Platte, welche Virchow als Membrana quadrangularis bezeichnet. In dieselbe eingebettet ist der Linsenmuskel, welcher eine nasale und temporale Hälfte abteilt (Lofius).“ Ziegenhagen meint ganz richtig mit seinem fälschlich als Membrana

quadrangularis bezeichnetem Gebilde, die identisch ist mit dem Ligamentum suspensiorm lentis, die Membrana triangularis Virchow's, wie sich aus der Fortsetzung des Textes leicht ersehen lässt.

Ziegenhagens Scheidung der Muskel in diese beiden Gruppen ist deswegen nicht ganz richtig, weil nach Virchow auch für die in eine Membrana triangualaris eingebetteten Linsenmuskel ein Zusammenhang mit der Iris, wie z. B. beim Karpfen besteht, und zwar mittels einer auf beiden Seiten schwarz pigmentierten Leiste, die, eine Vene einschliessend, fast bis zum Pupillarrand der Iris reicht. Jene Befestigungsart, wie sie Virchow für den Karpfen angibt, habe ich gleichfalls an Rhodeus amarus gesehen, und zwar nur an Schnitten. Diese Art der Linsenmuskel gibt das unklarste Bild; sie bieten nichts einheitliches. Die sie umhüllende Membran weist ein recht wirres Aussehen auf. Die Muskelelemente bilden kein kompaktes Gebilde, sondern zeigen bald da eine Aenderung in der Richtung, bald dort ein Fehlen des Zusammenhanges mit dem Hauptbündel. Jedenfalls stimmen auch darin meine Beobachtungen mit denen Virchow's überein. In den Fällen, in denen der Muskelkörper mehr und mehr in seinem Umfange sowohl an die Iris als an die Zonula gebunden ist, ist er gewöhnlich nicht sehr kräftig ausgebildet.

b) Bedeutung der Befestigung mit der Iris.

Die Bedeutung der Befestigung des Muskels an der Iris scheint mir von zweifacher Art zu sein. In der Regel gehören Augen, in denen die Campanula mehr oder weniger fest an die Iris gebunden ist, Fischen an, welche die der Oberfläche nahe gelegenen Schichten bewohnen. Dass Lichtstrahlen, die ausser durch die Linse ins Auge dringen, beim Sehen irgend welche Rolle spielen, ist bis jetzt noch für keine Tierart erwiesen und so ist es auch klar, dass nach Möglichkeit Einrichtungen getroffen werden, um das Eindringen nicht von der Linse vorher aufgefangener Strahlen

zu vermeiden. Bei der Accommodation für die Ferne wird aber die Fischlinse retinalwärts gezogen, d. h. sie füllt die Pupille nicht mehr aus. Es entsteht also, wenn Campanula und Iris völlig von einander unabhängig sind, zwischen Linse und Pupillarrand der Iris ein linsenfreier Raum, durch welchen Lichtstrahlen eindringen, ohne den vorgeschriebenen Weg durch die Linse passieren zu müssen. Um das Eindringen des unnützen Lichtes zu vermeiden, ist es das Einfachste, der Zug der Campanula bewirkt zugleich mit der Verschiebung der Linse auch eine solche der Iris in demselben Sinne. Wenn aber Iris und Campanula fest mit einander verbunden sind, so ist klar, dass die Iris dem Zug der Campanula folgen muss und dass dann die Möglichkeit, dass Lichtrahlen von der Linse ungebrochen zur Retina gelangen, entschieden weit geringer ist. Damit die Iris dem Zuge der Campanula gut oder besser folgen kann, tritt auch gerade an dieser Stelle dass Ligamentum pectinatum zurück. Wäre es auch hier gleich stark entwickelt, wie temporal und nasal, so wäre die Iris doch recht sehr in ihrer Beweglichkeit behindert. So scheint mir wenigstens die innige Verbindung von Campanula und Iris begründet zu sein. Dass nasal und temporal dann das Gewebe des Ligamentum pectinatum in weiterem Massstabe wieder von der Iris Besitz ergreift, erscheint mir insofern für den Accommodationsvorgang von Bedeutung, als es nach dem Zug der Campanula wieder in den Zustand der Ruhestellung der Linse zurückstreben wird und so vielleicht auch ein wenig mithelfen wird, die Linse cornealwärts zurückzuführen. Es ist vielleicht auch interessant zu bemerken, dass immer die Fische, bei denen die Argentea in der Iris eine so ganz besonders starke Ausbildung erfährt, Campanula und Iris eng aneinander gebunden haben, während den Fischen mit ganz freier Campanula eine Iris eigen ist, die eine Argentea in nur sehr geringem Masse oder gar nicht entwickelt hat, zugleich hängt damit zusammen, dass in diesem letzteren Falle die Iris einen recht gut und deutlich entwickelten Sphinkter aufweist (Orthagoriscus, Blennius, Sebrastes),

während ich einen solchen nur ganz schwach oder garnicht an den Augen mit starker Argentea an der Iris sehen konnte.

Ich habe als Anhaltspunkt für meine Behauptung den anatomischen Zusammenhang von Iris und Linsenmuskel bei vielen schon früher genannten Fischen. Als Beer am Rhomboidichtys podas Versuche anstellte, um zu sehen, ob hier die Iris infolge starker Verengerung der Pupille vielleicht ein Rückwärtsdrängen der Linse zur Folge haben könnte, fand er bei starker elektrischer Reizung, dass keine „aktive Veränderung an der Pupille eintrat", sondern, dass sie sich bewegte, und zwar „sonderbarerweise auch retinalwärts der Linse mit gleicher Geschwindigkeit folgend, also passiv, wie von ihr angesaugt." Erst bei geringer elektrischer Reizung erfolgte Verengerung der Pupille. Ich habe diesen Fisch nicht untersuchen können, aber ich vermute, dass auch hier eine innige Verbindung von Campanula und Iris besteht, denn sonst wäre das gleichzeitige Abwärtsbewegen von Linse und Iris wirklich recht sonderbar und nicht zu verstehen. Ich halte es also für ziemlich sicher, dass bei diesem Fisch Iris und Campanula in irgend einer von mir beschriebenen Weise mit einander verbunden sind, wie ich es früher geschildert habe: Und da, wie Beer es sagt, auch erst nach der Linsenretraktion eine Verengerung der Pupille stattfindet, so ist wohl auch all das richtig, was ich kurz vorher über den wahrscheinlichen Zweck der Verbindung von Campanula und Iris geschrieben habe, d. h. der Zweck wird der sein, überflüssiges Licht, das zwischen Linse und Iris hindurchdringen könnte, abzuhalten. Dass gerade diese Erscheinung bei Fischen mit aufwärtsblickenden Augen, bei denen solches Licht besonders unangenehm störend ist, auftritt, ist für meine Behauptung nur um so beweisender. Bemerkt sei nur noch, dass dieser Fall unter Beer's Beobachtungen nicht vereinzelt dasteht. Er bemerkte dasselbe am Auge des Steinbutt (Rhombus maximus).

Ebenso wie in vielen Fällen die Campanula sich fest mit der darüber liegenden Iris verbindet, tut es das dorsale

Aufhängeband in einigen Fällen. Dies ist in ganz besonders markanter Weise bei Orthagoriscus mola der Fall. Das Aufhängeband besteht hier aus zwei in Struktur und Form von einander abweichenden Hälften und ist gerade an der Vereinigungsstelle dieser beiden Teile wenig mit der Iris verbunden.

Bei Gobio gobio, Esox lucius, Lota lota, Gobius lota liegt das Aufhängeband mehr als zur Hälfte seiner Länge fest der Iris an, ehe es sich von ihr loslöst und nun in sehr kurzem Verlauf sich bald an die Linse ansetzt. Hier ist nun der Zusammenhang mit der Iris ausnahmsweise ausgedehnt, denn gewöhnlich hängt das Aufhängeband nur in sehr geringer Ausdehnung mit der Iris zusammen und erreicht nur selten einmal die Irismitte. Es ist ja nun ganz klar, dass, je freier das Aufhängeband ist, dieses desto leichter dem Zuge der Campanula wird folgen können, und je weiter ausgedehnt die Verbindung mit der Iris sein wird, auch der Widerstand gegenüber dem Campanulazuge sich vermehren wird. Diese Einrichtung wird den Zweck haben, nach dem Aufhören der Campanulakontraktion die Linse möglichst rasch in die alte Lage an der Cornea zurückzuführen. Im Einklange damit steht die in dieser Region gewöhnlich bedeutendere Verbindung der Iris mit der Cornea durch das Ligamentum pectinatum. Als vorzügliches Beispiel hierfür möchte ich Gobius lota anführen. Bei den Fischen, deren Aufhängeband der Linse völlig frei ist von der Iris, könnte man an der rückführenden Tätigkeit desselben zweifeln, aber hier bietet sich uns eine neue, ganz vorzügliche Einrichtung die meiner Meinung nach auch nur den Zweck haben kann, das Ligament so zu unterstützen, dass es in möglichst konstanter, der Cornea naher Lage verharrt und, wenn es durch den Campanulazug daraus verschoben wird, wieder in die alte Lage zurückkehrt. Diese Fähigkeit, schreibe ich der polsterartigen Verdickung des Glaskörpers bei Orthagoriscus, Sebastes, Blennius, Scorpaena zu.

c) Verbindung des Accomodationsapparates mit der Linse.

Manz sagt S. 9 über die Art und Weise der Verbindung des Aufhängebandes und Accommodationsmuskels mit der Linse folgendes: „Diese Membran (gemeint ist das Sehnenband des Linsenmuskels verwebt sich so innig mit der Kapsel, dass ihre eigentliche Uebergangsstelle in diese nicht aufzufinden ist.“ Ich habe mir alle Mühe gegeben, jene Verbindung von Accommodationsapparat und Linse irgendwie sichtbar zu machen, allein ich muss Manz beipflichten. Die Substanzen des Sehnenbandes des Linsenmuskels sowohl als des Aufhängebandes gleichen so völlig der der Linsenkapsel, dass es unmöglich ist, eine Grenze dazwischen zu erkennen. Dies lässt sehr wohl auf die grosse Festigkeit der Verbindung des Aufhängeapparates mit der Linse schliessen. Es haben auch alle, die sich mit dem Accommodationsapparat der Fischaugen eingehender beschäftigten, bei ihren Versuchen gleich mir dieselbe Erfahrung gemacht, dass bei zu starken mechanischen Eingriffen eher die Verbindung des Aufhängebandes oder des ventralen Linsenmuskels mit der Iris zerstört wird, als dass das Ligamentum suspensorium lentis oder das Ligamentum musculo capulare sich von der Linse loslöst. So konnte man sehr wohl Aufhängeband, Linsenkapsel und Ligamentum musculo capsulare als etwas einheitliches auffassen. Zuweilen liefen die Ansatzflächen der beiden Sehnenbänder ausserordentlich weit nach dem Aussen- und Innenpol der Linsenachse aus. Besonders deutlich und weit konnte ich dies bei Orthagoriscus verfolgen. Auch in allen andern Fällen findet eine flächenhafte Ausdehnung sowohl des Aufhängebandes als des Ligamentum musculo capsulare nach den Polen zu statt. Sie übertrifft im Querschnitt gemessen und mit der grössten Stärke der Bänder verglichen, diese immer um ein Vielfaches. Nun wir wissen ausserdem, dass nasal und temporal die Ränder der Bänder an Dicke abnehmen und so ist auch selbstverständlich, dass die flächen-

haften Verbreiterungen an der Linse selbst sich ganz bedeutend verringern. Diese Art der Befestigung ist deswegen so bedeutsam, weil auf diese Weise die Linse um die Mittelachse, die ja am festesten ist, drehbar und verschiebbar bleibt, was nicht der Fall wäre bei gleich starrer Ausbildung vom nasalen und temporalen Rand, insbesondere am dorsalen Aufhängeband.

Gewöhnlich ist man der Ansicht, die Linse sei nur in den Zonen der beiden Sehnenbänder befestigt und im übrigen frei, und man ist geneigt, die freien Teile des Linsenäquators als weit grösser anzunehmen, als die an den Accommodationsapparat gebundene Zone. Das mag wohl im grossen ganzen auch so stimmen, allein der Aufhängeapparat steht nicht so abgeschlossen, mit scharfen Grenzrändern, nur auf das dorsale Aufhängeband und das Ligamentum musculo capsulare beschränkt, da, der ganze Apparat steht vielmehr in mehr oder weniger innigem Zusammenhang mit der Zonula Zinnii. Diese Zonula Zinnii ist immer vorhanden, aber sie ist nicht immer gleich ausgedehnt entwickelt. Sie weist darin grosse Variationen auf. In sehr vielen Fällen ist sie gut ausgebildet, tritt auch noch in den Dienst der Campanula und zeigt dann auch einen Zusammenhang am nasalen Rand mit dem dorsalen Aufhängeband und verbindet sich auf diese Art auch mit der Linse. Auf der temporalen Seite ist sie dann mehr oder weniger rückgebildet. Indes gibt es auch Fälle, in denen jener nasale Teil der Zonula sich auch mit der Linse fest verbindet. Virchow scheint ein solcher Fall im Barsch vorgelegen zu haben. Er schreibt S. 96: „Der Befestigungsapparat, wenn er genau so ist, wie ich ihn beim Präparieren gefunden habe, ist nur oben und an einer Seite vorhanden, oben gleichfalls verdickt“. Er gibt eine Skizze dazu, und aus ihr und dem schrägen Verlauf des Linsenmuskels kann man schliessen, dass es die nasale Seite ist, die vom dorsalen Aufhängeband oben nasalwärts bis zur Campanula mit der Linse zusammenhängt. Von dem Dorsch sagt Virchow über die Befestigung der Linse S. 95 folgendes aus: „Der

Befestigungsapparat der Linse des Dorschauges setzt sich ringsum an die Linse an, und zwar vor dem Aequator, aber ich habe andere Exemplare getroffen, an denen die ganze untere Hälfte davon frei war. Gerade das hat mich bestimmt, sehr vorsichtig zu sein, denn das Zurücksinken der Linse, die Einkrümmung des Netzhautrandes, sind Faktoren, stark genug, um zarte Verbindungen zu zerreissen. Jedenfalls aber ist die Zonula, denn so kann man es ja in diesem Falle meinen, in der dorsalen Hälfte, vor allem so weit sie daselbst mit der Linse zusammenhängt, derber und dicker. Der Muskel ist ohne Verbindung mit der Iris, die Muskelfaser schräg.“ Die Zeichnung, die er von dem Dorschauge gibt, zeigt auch die allseitige Befestigung der Linse.

Der Gedanke, dass die Linse in ihrem ganzen Umfange auch bei Fischen in ihrer Lage fixiert sein könnte, war mir verschiedentlich schon bei der Betrachtung meines Materials gekommen, wenn ich jenes oberste Blättchen des Glaskörpers oft bis dicht an die Linse heranreichen sah, wie z. B. beim Hecht. So war es mir denn sehr lieb, als ich auch einen derartigen Fall allseitiger Linsenbefestigung konstatieren konnte, und zwar an Abramis blicca. Die Linse war in ihrem ganzen Umfange etwas oberhalb des Aequators befestigt. Es scheint also, dass grosse Variationen in der Art der Linsenbefestigung möglich sind. Im Minimum wird sie sich auf das dorsale Ligamentum suspensorium lentis beschränken, im Maximum sich auf den ganzen Umfang der Linse ausdehnen. Zwischen beiden Extremen scheinen, so viel man darüber weiss, alle Uebergänge vorhanden zu sein.

Erwähnen möchte ich noch einen Befund bei Sebastes marinus. Ich sah bei makroskopischer Betrachtung des Accommodationsapparates wie von der Rinne des Processus falciformis aus ziemlich kräftige Stränge zur Linse hinstrebten und sich da mit etwas verbreiterter Fläche ebenfalls festsetzten, ohne direkte Beziehungen zum Linsenmuskel selbst zu haben. Die Ansatzstellen dieser Stränge,

deren nur sehr wenige waren, lagen nach innen zu von der des Ligamentum musculo capsulare ohne irgend welche gesetzmässige Anordnung. Leider gingen mir jene Stellen beim Schneiden verloren, so dass ich weder über die Natur der Stränge selbst, noch über die Art ihrer Befestigung an der Linse etwas aussagen kann. Indes sah ich auch makroskopisch, dass ihnen eine Pigmentierung fehlte und dass sie die Durchsichtigkeit des Glaskörpers mit geringer weisslichgrauer Färbung aufwiesen. Ich habe sie bei keinem andern Fisch mehr gesehen. Franz (10) hat in seiner Arbeit über das Selachierauge die Zonula Zinnii bei dieser Abteilung der Fische überall festgestellt. Indes scheinen sich hier immerhin einige andere Eigenschaften zu zeigen, als ich sie bei den Teleostieraugen beobachtet habe. Franz hat bei den Selachiern die eigenartige Faserstruktur im allgemeinen nicht vorgefunden. Dagegen wurde sie schon von Herzog bei Teleostieraugen sowohl in der Zonula als zwischen Linsenmuskel und Linse aufgefunden und Berger (4) schreibt: „Sie entsteht mit ihren Fasern im Glaskörper, dessen vordere Begrenzung sie bis zu ihrem vorderen, am Aussenrande der Linsenkapsel befindlichen Ende bildet.“ (S. 107). Herzog erklärt die Faserung als kutikulare Bildungen. Ich habe schon genauer ausgeführt, dass und weshalb ich jene Fasern für elastische Fasern halte. Für die Selachier gibt Franz als Funktion der Zonula an, dass sie in ihrer Gesamtheit dazu dient, die Linse in ihrer Lage zu fixieren, und den Glaskörper nach vorn abzuschliessen. Im Teleostierauge scheint mir jedoch die Funktion der Zonula eine ganz andere zu sein. Ich habe nämlich feststellen können, dass die Muskelelemente nicht in das Ligamentum musculo capsulare auslaufen, sondern mit grösster Deutlichkeit in das Ringband, und dass die Grenze zwischen beiden in sämtlichen Fällen eine recht scharfe ist. Die Hauptrichtung der Muskelelemente der Campanula geht gleichfalls im Sinne dieses Bandes und so kann auf Grund dieser anatomischen Tatsachen eine Uebertragung des Muskelzuges auf das Band nicht geleugnet

werden. Die Anlage des Bandes und die Richtung der Muskelelemente, die hineinmünden, sprechen dafür, dass infolge der Kontraktion das Band auf die temporale Verschiebung der Linse starken Einfluss haben wird. Welchen anderen Anteil das Band nun noch an den Accommodationsbewegungen nehmen wird, das lässt sich ohne experimentelle Nachprüfungen nicht ohne weiteres sagen.

Wie bereits weiter oben bemerkt wurde, habe ich das Ringband der eben beschriebenen Art nur mit Sicherheit festgestellt bei den Fischen, die eine wie bei Orthagoriscus gestaltete Campanula besitzen. Bei den übrigen von mir untersuchten Fischen, deren Linsenmuskel mehr oder minder fest an die Iris gebunden waren, gelang es mir nicht, das Ringband derart zu Gesicht zu bekommen. Indes ist es auch hier sicher immer vorhanden. Sah ich doch den Ursprung desselben, zwar in etwas modifizierter Form, bei Cyprinodon. Hier entspringt das Ringband nicht zugleich mit dem direkten Sehnenband vom Ende des Linsenmuskels, sondern weit früher. Dabei tritt eine Differenzierung der Muskelelemente in solche ein, die zu dem Ligamentum musculo capsulare gehören und zweitens in solche, die in das innere Band ausmünden. Ausserdem war leicht zu sehen, dass die Richtung der Muskelelemente in beiden Partien stark voneinander abwich. Das Innenband verlief nun auffallend nach dem Augeninnern, gemäss der Fossa patellaris. Zwar habe ich nicht seinen ganzen Verlauf verfolgen können, um über seine Wirkungsart im klaren zu sein, aber das gesonderte Abwärtsgehen dieses inneren Bandes in das Augeninnere hinein, hat mich auf den Gedanken gebracht, ob nicht vielleicht in diesen oder ähnlichen Fällen der innere Teil des Muskels mit seinem Band als Antagonist des äusseren Teils wirke. Ich habe bei der Betrachtung der betreffenden Präparate den Eindruck empfangen, als wenn jenes innere Band nicht nasal um den Aequator der Linse, sondern entsprechend der Fossa patellaris um die Linse den Weg nehmen, und dass der innere Partialmuskel durch Contraktion die Linse cornealwärts heben müsse.

Dass dem Zug der Campanula, der die Linse retinalwärts führt, eine Contraktion eines andern Campanulateiles gerade entgegen wirke, ist jedenfalls denkbar, und dass ich mich in meiner Beobachtung nicht getäuscht habe, glaube ich mit Sicherheit annehmen zu können, denn in Virchow's „Bemerkungen über die Fischaugen“ fand ich einen ganz ähnlichen Fall zitiert. Virchow selbst hat dieses eigenartige Verhalten am Karpfen beobachtet; er schreibt darüber S. 92: „Zwischen der Fläche nämlich, welche sich vom Glaskörperwalle kontinuierlich in die Linsengrube hineinzieht, und dem Befestigungsapparate lag ein Häutchen, welches oben von der Rückseite der Membrana quadrangularis, unten von dem Rande des Grenzsaumes ausging, und in die Linsengrube hineinreichte. Hier war es streckenweise mit der Linse verwachsen oder verklebt, setzte sich aber nicht weiter fest.“ Den ganzen Verlauf des inneren, (wie Virchow es nennt) „problematischen“ Häutchens habe ich nicht gesehen, da ich, um das in Paraffin eingebettete Auge in Mikrotomschnitte zu zerlegen, die steinharte Linse meist und auch in diesem Falle ausgebohrt hatte. Wie im Anfange dieses speziellen Teiles bereits gesagt wurde, hat Manz immer jenes oberste Blättchen des Glaskörpers in Verbindung mit dem Muskelapparat gesehen. Ganz sicher und immer sehr deutlich habe ich das nasale Ringband nur dann festgestellt, wenn Augen vorlagen, die eine von der Iris unabhängige Campanula besassen und welche ausserdem noch recht schief zur Linse gerichtet war. Bei den übrigen Fischen habe ich die Zonula zwar auch, aber in stark modifizierter Form wiedergefunden. Ich halte es für sehr wahrscheinlich, dass das Ringband wohl immer mehr oder weniger ausgeprägte Beziehungen zum Linsenmuskel haben wird. Vorhanden ist es immer, sogar bei den Fischen, (Hecht, Gobius lota), deren Linsenmuskel nur noch recht wenig unabhängig von der Linse wirkt.

d) Zonula Zinnii = Ringband.

Wenn Berger (4) S. 107 behauptet: „In keiner der älteren Schriften über das Auge der Fische wird der Zonula Zinnii derselben Erwähnung getan, es wird allgemein die Existenz derselben geleugnet“, so ist dies nur zum Teil richtig, denn bereits Manz (22) hat die Zonula Zinnii sehr wohl gesehen, nur nicht als solche erkannt. Wir lesen in seiner Doktor-Dissertation S. 10: „Bei allen Fischen liess sich bei sorgfältiger Präparation ein seitlicher Zusammenhang mit dem obersten Blättchen der Hyaloidea nachweisen, sodass die Ränder des Bandes nicht frei sind.“ Es kann gar kein Zweifel sein, dass hier nur die Zonula Zinnii gemeint ist. Indessen ist die Ansicht von Manz nicht ganz richtig, denn die Ränder des Bandes sind sowohl temporal als nasal völlig frei. Ich meine hier speziell die Verhältnisse, wie sie mir bei Orthagoriscus, Blennius, Scorpaena, Sebastes vorlagen, dagegen ist die Innenfläche des Ligamentum musculo capsulare nicht frei. Doch ist dies ganz anders zu verstehen, als man es sich nach Manz etwa vorstellen könnte. Wir haben es nicht mit einem blossen Zusammenhang zu tun, sondern es entspringt aus der Campanula selbst unter dem direkten Sehnenband dem Ligamentum musculo capsulare ein zweites Sehnenband, das nur eine kurze Strecke selbständig ist, dann aber in Verbindung mit dem Glaskörper, als dessen oberstes Blättchen, wie Manz sagt, nasalwärts um den Aequator der Linse herumläuft, und dorsal, zusammen mit dem Aufhängeband, zur Linse tritt. Aus diesem Grunde habe ich es das Ringband genannt. Temporal dagegen habe ich immer in den genannten Fällen konstatieren können, dass sowohl Muskel als Ligamentum musculo capsulare völlig frei und unabhängig vom Glaskörper waren. Es scheint, dass auch Ziegenhagen (49) hier schon die Verhältnisse so gesehen hat wie ich. Folgende Bemerkung S. 43 weist darauf hin: „Bisweilen lassen sich Fasern erkennen, welche, der vorderen Glaskörperpartie anliegend, die ventrale mit der dorsalen Platte verbinden.“

Ich stellte Versuche an, um mir die Natur dieses Ringbandes, der Zonula, klar zu machen. Es ist zunächst einmal glashell, dünn, leicht beweglich und biegsam, und von grosser Elastizität. Die letztere erprobte ich durch Ziehen mit einer Pincette nach allen Richtungen hin. Genaueres Betrachten des Bandes unter dem Mikroskop zeigte mir ein System von feinen Faserzügen, das sich sowohl parallel der Verlaufsrichtung des Bandes, als radial erstreckte. Der Zug dieser Faserung, die in Büscheln und Bündeln auftritt, stimmt mit den Richtungen überein, in denen das Band eventuell auf Zugfestigkeit in Anspruch genommen wird. Ich habe mit feinen Präpariernadeln das Band erst einmal auf grösstmöglichste Ausdehnungsfähigkeit in radialem Sinne erprobt und war über die bedeutende Grösse derselben sehr erstaunt, da das Band sich um das Dreifache seiner gewöhnlichen Breite in radialer Richtung ausziehen liess. Sodann aber habe ich beim Nachlassen des Zuges stets ein Zusammenschrumpfen in die alte Form bemerkt. So, glaube ich, werden es jene Faserbündel sein, welche die grosse Elastizität des Bandes bedingen. Die Büschel ziehen vor allem in radialem Sinne dahin, um dann mehr oder weniger weit von dem der Linse zugekehrten Rand in die Verlaufsrichtung des Bandes einzubiegen und undeutlich zu werden. In der Verlaufsrichtung des Bandes selbst finden sich die Faserzüge in weit geringerem Masse und dies stimmt auch überein mit der Tatsache, dass in diesem Sinne das Band weit weniger dehnungsfähig ist, als in radialer Richtung. Es besitzt aber in der Längsrichtung ziemlich bedeutende Zugfestigkeit.

Bei den Fischen, deren Campanula unabhängig von der Iris und besonders schräg zur Ebene des Linsenäquators gerichtet ist, ist die Zonula Ziunii sehr einseitig, nämlich hervorragend nasal entwickelt, sie tritt dagegen auf der temporalen Seite stark zurück. Ersteres hängt offenbar mit der starken Inanspruchnahme der Zonula auf der nasalen Hälfte zusammen, letzteres mit der zu geringen Inanspruchnahme. Auf der nasalen Seite wird gewissermassen die

Zonula funktionslos und tritt daher in der Ausbildung sehr stark zurück. In den meisten andern Fällen sah ich die Zonula Zinnii allseitig gleich gut ausgebildet und bis dicht an die Linse heranreichend, wie z. B. besonders beim Hecht. Leider war es mir nicht möglich festzustellen, ob die Struktur unter allen Umständen stets die gleiche ist, wie ich sie für Orthagoriscus, Sebastes, etc. angegeben habe, ob auch dann die gleiche Faserstruktur auftritt, wenn die Mitwirkung an der Accommodation eine geringere wird oder aufhört.

Bemerkenswert ist, dass Manz in jenem obersten Blättchen des Glaskörpers Gefässe entdeckt haben will. Wir lesen S. 10 folgendes darüber: „Aus dem Ringgefäss treten gegen die Peripherie feine Gefässchen, welche durch Teilung und Anastomosen im obersten Blatt der Hyaloidea ein feinmaschiges Netz bilden.“ Schon Haller hatte von ihnen gesprochen, gibt sie aber nirgends bestimmt an. Virchow hat sehr eingehend nach ihnen gesucht, sie aber nicht entdecken können. Auch ich habe in der Zonula nirgends ein Gefäss gesehen.

Als Resultat meiner Untersuchungen hat sich also ergeben: Der Accommodationsapparat jeder Fischart weist charakteristische Gestalt auf.

Das Ligamentum suspensorium lentis ist fast stets an die Iris gebunden.

Die Campanula ist entweder garnicht an der Iris befestigt und zeigt dann innige Beziehungen zur Zonula, die in diesen Fällen sicherlich die Accommodationsbewegungen mit beeinflusst, oder sie ist in mehr oder weniger ausgedehntem Masse mit der Iris verbunden, die alsdann gleichfalls in den Hilfsdienst der Accommodation tritt.

Literaturverzeichnis.

1) Agassiz und Vogt, Anatomie des Salmones. Mémoires de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel. Tom. III. Neuchâtel 1845.

2) Beauregard, Recherches sur les réseaux vasculaires de la chambre postérieure de l'oeil des vertébrés. Annales des Sciences naturelles. Zoologie. Paris 1876. 6. Serie. Tom. IV.

3) Beer, Die Accommodation des Fischauges. Pflüger's Arch. f. Phys. Band 58. Bonn 1894.

4) Berger, Beiträge zur Anatomie des Sehorgans der Fische. Morphologisches Jahrbuch. Bd. 8. 1883.

5) Brass, Accommodation des Knochenfischauges. Zeitschr. f. d. Gesamt. Naturwissen. Bd. 53. (3. Folge Bd. 5). Berlin 1880.

6) Cajal, Die Retina der Wirbeltiere. Uebersetzt von R. Greef. Wiesbaden 1894.

7) Carrière, Sehorgane der Tiere. München und Leipzig 1885.

8) Cuvier und Valenciennes, Histoire Naturelle des Poissons. Paris 1828.

9) Dalrymple, Some account of a peculiar structure in the eyes of fishes. The magazine of natural history II. N. S.

10) Franz, Zur Anatomie, Histologie und funktionellen Gestaltung des Selachierauges. Zeitschr. f. Naturwissenschaften. Jena 1905. Bd. 40.

11) Gerloff, A double foyer. (Anableps tetrophthalmus) in Prometheus". Jahrg. 12, 20, 1904.

12) Günther, Report on the Deep-sea fishes collected by H. H. S. Challenger. Zoology Vol. 22. London 1887.

13) Greefe-Sämisch, Handbuch der gesamten Augenheilkunde 1900.

14) Haller, Mémoire sur les Yeûx de quelques Poissons. Histoire de l'académie royale des sciences. Paris 1762.

15) Helmholz, Handbuch der physiologischen Optik. 2. Aufl.

16) Hess und Heine, Arbeiten aus dem Gebiete der Accommodationslehre. IV. Ophthalomos. 46, 1898.

17) Hirschberg, Zur Dioptrik u. Ophthalmoscopie der Fisch- und der Amphibienaugen. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abt. 1882.

18) Köllicker, Ueber die Entwickelung und Bedeutung des Glaskörpers. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. 76. 1904.

19) Klinkowström, Beiträge zur Kenntnis der Augen von Anableps tetrophthalmas. Skandinavisches Arch. f. Physiol. Bd. 5.

20) Lenhossek, Die Entwickeluug des Glaskörpers. Leipzig 1904.

21) Leydig, a) Beiträge zur mikroskopischen Anotomie und Entwickelungsgeschichte der Rochen und der Haie. Leipzig 1852.
b) Untersuchungen zur Anatomie und Histologie der Tiere. Bonn 1883.

22) Manz, Anatomisch-physiologische Untersuchungen über die Accommodation des Fischauges. Inaugural-Dissertation. Freiburg 1858.

23) Matthiessen, 1) Ueber die Berechnung des absoluten Brechungsvermögens des Kernzentrums der Krystalllinse. Arch. f. Ophtal. Bd. 22, Abt. 3. 1876.
2) Ueber die geometrische Gestalt der theoretischen Retina im periskopischen Auge. ibid. Bd. 25, Abt. 4. Berlin 1879.
3) Untersuchungen über den Aplanatismus und die Periskopie der Krystallinse in den Augen der Fische. Arch. f. Physiol. Bd. 21. 1880.
4) Ueber die Beziehungen, welche zwischen dem Brechungsindex des Kernzentrums der Krystalllinse und den Dimensionen des Auges bestehen. ibid. Bd. 27. 1882.
5) Ueber den physikalisch-optischen Bau des Auges der Cetaceen und Fische. ibid. Bd. 38 u. 39. 1886.
6) Die neueren Fortschritte in unserer Kenntnis von dem optischen Bau des Auges der Wirbeltiere in Beiträge zur physiol. u. Psychol. der Sinnesorgane. Festschrift f. Helmholz. Hamburg u. Leipzig 1891.
7) Beiträge zur Dioptik der Krystalllinse VI. Zeitschr. f. vergl. Augenheilk. Bd. 5, Heft 2. 1893

24) Moreau, 1) Histoire naturelle des Poissons de la France. Paris 1881.
2) Sur l'oeil du Germon. Comptes rendus. Tom. 75. Paris 1872.

25) Müller, Ueber Knochenbildungen in der Sklera des Tierauges Verhandl. d. physik.-medizin. Gesell. z. Würzburg. Bd. 9. 1859.

26) Nussbaum, Die Entwickelung der Binnenmuskeln des Auges der Wirbeltiere. Arch. f. mikr. Anat. Bd. 58. 1901.

27) Pagenstecher, Ueber die Tiere der Tiefsee. Berlin 1879.

28) Pée, Recherches sur l'origine du corps vitré. Arch. Biol. T. 19. 1902.

29) Plankus, De mola pisce Bonon. instit. commentarii. Tom. 2 u. 3.

30) Plateau, Sur la vision des poissons et des amphibiens. Akadémie Royale de Belgique. Extre. du tome 33 des Mem. couronnes.

31) Rabel, Ueber den Bau und die Entwickelung der Linse. Zeitschr f wissensch. Zoolog. Bd. 63, 1898 u. Bd. 67 1900. 2) Zur Frage nach der Entstehung des Glaskörpers. Anatomischer Anzeiger Bd. 22. 1903.

32) Regnard, Recherches experimentales sur les conditions physiques de la vie dans les eau.

33) Rosenthal, Zergliederung des Fischauges. Reich's Arch. f. f. Physiol. Bd. 10. Halle 1811.

34) Rudolphi, Grundriss der Physiologie. Bd. 2. Berlin 1823.

35) Schoen, Zonula und Ora serrata. – Anat. Anz. Bd. 10. 1895.

36) Schwalbe, Lehrbuch der Anatomie der Sinnesorgane.

37) Sömmering, De ocularum sectione horizontali. Göttingen 1880.

38) Siebold, Die Süsswasserfische von Mitteleuropa. Lelpzig 1863.

39) Steinach, Untersuchungeu zur vergleichenden Physiologie der Iris. Pflüger's Arch. f. Physiol. Bd. 47. 1890. Nd. 52. 1892.

40) Trautvetter, Ueber den Nerv der Accommodation. Arch. f. Ophthalmol. 12. Bd. Abt. 1.

41) Treviranus, 1) Beiträge zur Anatomie u. Phyliologie d. Sinneswerkzeuge. 1. Heft. Bremen 1828.
2) Beobachtungen aus der Zootomie und Physiologie. Bremen 1839.

42) Tscherning, Etude sur le mécanisme de l'accommodation. Archives de Physiologie. 1894.

43) Virchow, Beiträge zur vergleichenden Anatomie des Auges. Berlin 1882.
2) Fächer, Zapfen, Leiste, Polster, Gefässe im Glaskörperraume von Wirbeltieren, sowie damit in Verbindung stehende Fragen. Merkel-Bonnet Bd. 10 1901.

44) De Waele, Sur l'embryologie de l'oeil des poissons. Note préliminaire. Bull. du Mus. dé Histoire naturelle. 1900.

2) Recherches sur l'anatomie comparée de l'oeil des vertébrés. Intern. Monatschrift f. Anat. u. Physik. Bd. 19. 1901.

45) Wallace, Discovery of a muscle in the eye of fishes. American. Journal of Science and Arts 24.

46) Young, On the mechanism of the eye. Philosophical Transactions. London 1801.

47) Zelinka, Ueber die Nerven in der Cornea der Knochenfische. Zool. Anz. 1881. No. 86.

48) Ziem, Ueber das Schwellgewebe des Auges. Arch. f. path. Anat. u. Phys. Bd. 126.

49) Ziegenhagen, Beiträge zur Anatomie der Fischaugen. Dissertation 1895.

Lebenslauf.

Ich, Gerhard Deichsel, wurde am 13. September 1882 als dritter Sohn des Polizeiinspektors Carl Deichsel in Oppeln geboren. Nachdem ich die elementaren Schulkenntnisse auf der Volksschule zu Bobrek O/S. erlangt hatte, kam ich Ostern 1896 in das Knabenpensionat der Brüdergemeinde zu Gnadenfrei, besuchte daselbst die Realschule von Quarta an und bestand zu Ostern 1900 die Abschlussprüfung der Untersekunda. Nach weiteren 3 Schuljahren verliess ich Ostern 1903 die Oberrealschule zu Gleiwitz mit dem Zeugnis der Reife. Ich begann nun in Oberschlesien praktisch bergmännisch zu arbeiten, gab aber krankheitshalber die Bergmannslaufbahn auf und studiere seit dem Herbst 1903 an der Breslauer Universität insbesondere Naturwissenschaften und Geographie. Ich besuchte die Vorlesungen bei folgenden Herren Dozenten:

Baumgartner, Brefeld, Cohn, Drescher, Gerhardt, Gürich, Herz, Hintze, Klaatsch, Kühnemann, Kükenthal, Koch, Kowalewski, Ladenburg, Landsberg, Lummer, Milch, Muther, Partsch, Passarge, Pax, Rohde, Rosanes, Rosen, Sachs, Seger, Thilenius, Waetzmann, v. Wenckstern, Zimmer.

Allen meinen verehrten Lehrern sage ich an dieser Stelle herzlichen Dank.